

METHOD FOR SUPPORTING COMPUTER FOR GENERATING PHASE CHARACTERISTICS FOR NUMERICAL CONTROL MACHINE OF WORKPIECE

Publication number: JP2001117616

Publication date: 2001-04-27

Inventor: GLENN I COLEMAN

Applicant: PARAMETRIC TECH CORP

Classification:

- international: G05B19/4093; G05B19/4097; G05B19/4093; G05B19/4097; (IPC1-7): G05B19/4097; G06F17/50

- european: G05B19/4093M; G05B19/4097

Application number: JP20000271423 20000907

Priority number(s): US19990396505 19990914

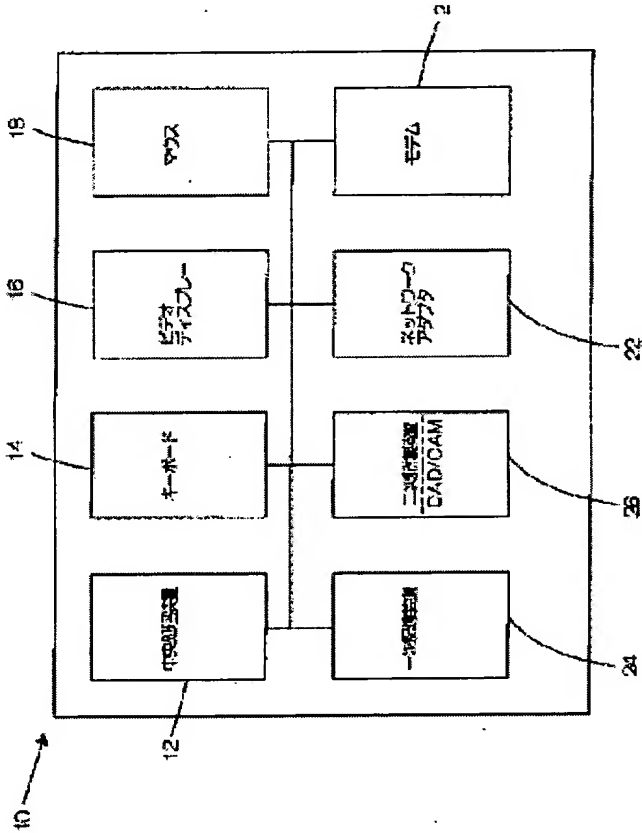
Also published as:
GB2355316 (A)

Report a data error here

Abstract of JP2001117616

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a computer supporting method and a graphic tool for generating a numerical control program for performing the machine work of a work piece.

SOLUTION: Plural phase characteristic types for defining the volume part of a work piece to be removed for forming a desired object as individual machine work characteristics are provided. The machine work characteristics are featured, based on the number and shapes of soft surfaces and/or hard surfaces.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-117616

(P 2 0 0 1 - 1 1 7 6 1 6 A)

(43)公開日 平成13年4月27日(2001.4.27)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード (参考)
G05B 19/4097		G05B 19/4097	C
G06F 17/50	601	G06F 17/50	D
	620		E

審査請求 未請求 請求項の数28 O L 外国語出願 (全128頁)

(21)出願番号 特願2000-271423(P 2000-271423)

(22)出願日 平成12年9月7日(2000.9.7)

(31)優先権主張番号 09/396505

(32)優先日 平成11年9月14日(1999.9.14)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 500238619

パラメトリック・テクノロジー・コーポレ
ーション

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02453
、ウォルサム、テクノロジー・ドライブ
125

(72)発明者 グレン・アイ・コールマン

アメリカ合衆国アリゾナ州85331、ケイヴ
・クリーク、イースト・フォレスト・プレ
ザント・プレイス 5349

(74)代理人 100089705

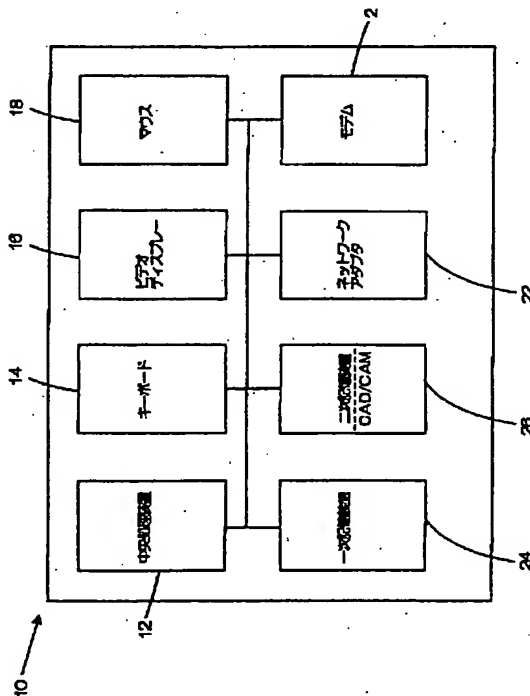
弁理士 社本 一夫 (外5名)

(54)【発明の名称】 加工物の数値制御機械用の位相的特徴を発生するためのコンピューター援用方法

(57)【要約】

【課題】 加工物を機械加工するための数値制御プログラムを発生するためのコンピューター援用方法及びグラフィックツールを提供する。

【解決手段】 本発明は、所望の対象物を形成するために除去されるべき加工物の容積部分を別個の機械加工特徴として定義するための複数の位相的特徴型を提供する。機械加工特徴は、軟質表面及び／又は硬質表面の数及び形体によって特徴付けられる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工物を機械加工して物理的対象物を製造するためのコンピューター援用方法において、グラフィックソフトウェアを使用することによって前記対象物のソリッドモデル及び前記加工物のソリッドモデルを提供する工程と、

前記対象物の前記モデルを前記加工物の前記モデルと組み合わせ、前記対象物を形成するために除去されるべき前記加工物の容積部分を示す数値制御モデルを形成する工程と、

前記ソフトウェアに複数の位相的特徴型を提供する工程と、

除去されるべき前記容積部分を複数の機械加工の特徴に分割する工程であって、各機械加工の特徴は、人間の使用者が前記複数の特徴型のうちの一つ及び前記数値モデルの一つの表面を選択し、前記表面を有するモデルの一部を前記選択された特徴型と関連させて、前記各機械加工特徴を定義することによって形成される、工程と、前記機械加工特徴の各々を機械加工するための工具経路を提供する工程と、を含む、コンピューター援用方法。

【請求項 2】 前記分割工程は、人間の使用者が前記数値モデルの表面を選択した後、前記各機械加工特徴を形成する工程を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 前記グラフィックソフトウェアは CAD システムである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】 前記複数の位相的特徴を、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リフトップ、トップ面取り、トップラウンド、及び、開放輪郭、及び、O-リング溝からなる群から選択する工程を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】 前記フェース特徴は、硬質フロア、軟質トップ、及び、軟質壁の単一のチェーンを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】 前記スラブ特徴は、硬質フロア、軟質トップ、及び、硬質及び軟質の壁を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】 前記ポケット特徴は、硬質フロア、軟質トップ、及び、閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーンを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 8】 前記スルーポケット特徴は、軟質フロア、軟質トップ、及び、閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーンを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】 前記ステップ特徴は、硬質フロア、軟質トップ、軟質壁の単一のチェーン、及び、硬質壁の単一のチェーンを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 10】 前記プロファイル特徴は、軟質フロ

ア、軟質トップ、軟質壁の単一のチェーン、及び、硬質壁の単一のチェーンを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 11】 前記チャンネル特徴は、硬質フロア、軟質トップ、及び、閉ループを形成する硬質及び軟質の壁からなる多数の交互のチェーンを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 12】 前記組み合わせ工程は、前記対象物の前記モデルを前記加工物の前記モデルに重ねる工程を含む、請求項 1 に記載の方法。

10 【請求項 13】 複数の機械加工特徴によって NC モデルの容積部分を表すためのコンピューター援用方法において、複数の位相的特徴型を提供する工程と、

NC モデルの各容積部分について前記位相的特徴型のうちの少なくとも一つ及び前記容積部分の少なくとも一つの表面を選択し、選択された表面を有する容積部分を表す機械加工特徴を形成する工程と、を含む、コンピューター援用方法。

【請求項 14】 前記複数の位相的特徴を、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リフトップ、トップ面取り、トップラウンド、及び、開放輪郭、及び、O-リング溝からなる群から選択する工程を更に含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】 加工物を機械加工して対象物を製造する上で人間の機械工を補助するための CAM システムにおいて、

30 前記加工物のソリッドモデルと、

前記対象物のソリッドモデルと、

前記加工物の前記ソリッドモデルを前記対象物の前記ソリッドモデルと組み合わせ、前記対象物を形成するために除去されるべき前記加工物の容積部分を示す数値制御モデルを形成するための手段と、

前記数値制御モデルの容積部分を複数の機械加工特徴に分割するため、複数の位相的特徴型を定義するための手段であって、前記機械工は、前記容積部分を選択し、前記容積部分の各々を表すのに使用されるべき前記複数の特徴型のうちの少なくとも一つを選択する、手段と、前記複数の機械加工特徴を機械加工するための工具経路を形成するための手段と、

を含む、CAM システム。

【請求項 16】 CAD システムを使用して前記モデルを製造する、請求項 15 に記載の CAM システム。

【請求項 17】 前記複数の位相的特徴型は、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リフトップ、トップ面

取り、トップラウンド、及び、開放輪郭、及び、オーリング溝からなる群から選択される、請求項15に記載のCAMシステム。

【請求項18】 以下の工程を含む方法に従って加工物を機械加工する上で人間の機械工を補助するため、コンピュータが実行できる命令を保持するコンピュータが読み取ることができる媒体において、対象物のソリッドモデル及び前記加工物のソリッドモデルを製造する工程と、

前記対象物の前記モデルを前記加工物の前記モデルと組み合わせ、前記対象物を形成するために除去されるべき前記加工物の容積部分を示す数値制御モデルを形成する工程と、

複数の位相的特徴型を提供する工程と、

前記除去されるべき容積部分を複数の機械加工特徴に分割する工程であって、各機械加工特徴は、前記人間の機械工が、前記複数の特徴型のうちの少なくとも一つ及び前記数値モデルの一つの表面を選択し、前記表面を持つ前記モデルの容積部分を前記選択された特徴型と関連させて機械加工特徴を定義することにより形成される、工程と、

前記機械加工特徴の各々を機械加工するための工具経路を提供する工程と、

を含む、コンピュータが読み取ることができる媒体。

【請求項19】 前記複数の位相的特徴型は、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リフトップ、トップ面取り、トップラウンド、及び、開放輪郭、及び、オーリング溝からなる群から選択される、請求項18に記載のコンピュータが読み取ることができる媒体。

【請求項20】 前記コンピュータが読み取ることができる媒体は、CD-ROMを含む、請求項18に記載のコンピュータが読み取ることができる媒体。

【請求項21】 前記コンピュータが読み取ることができる媒体は、フロッピー（登録商標）ディスクを含む、請求項18に記載のコンピュータが読み取ることができる媒体。

【請求項22】 前記コンピュータが読み取ることができる媒体は、ハードディスクを含む、請求項18に記載のコンピュータが読み取ることができる媒体。

【請求項23】 コンピュータプラットフォームで、加工物を機械加工して対象物にする上で人間の機械工を補助するための方法を実施するため、コンピュータが実行できる指令を伝達するための伝達媒体であって、前記方法は、

前記対象物のソリッドモデル及び前記加工物のソリッドモデルを製造する工程と、

前記対象物の前記モデルを前記加工物の前記モデルと組

み合わせ、前記対象物を形成するために除去されるべき前記加工物の容積部分を示す数値制御モデルを形成する工程と、

複数の位相的特徴型を提供する工程と、

前記除去されるべき容積部分を複数の機械加工特徴に分割する工程であって、各機械加工特徴は、前記人間の機械工が、前記複数の特徴型のうちの少なくとも一つ及び前記数値モデルの一つの表面を選択し、前記表面を持つ前記モデルの容積部分を前記選択された特徴型と関連させて機械加工特徴を定義することにより形成される、工程と、

前記機械加工特徴の各々を機械加工するための工具経路を提供する工程と、

を含む、コンピュータプラットフォーム。

【請求項24】 フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リフトップ、トップ面取り、トップラウンド、及び、開放輪郭、及び、オーリング溝からなる群から選択された複数の位相的特徴型を定義するため、実行可能命令を保持する、請求項18に記載のコンピュータが読み取ることができる媒体。

【請求項25】 コンピュータシステムにおいて、ソリッドモデルの選択された容積部分を定義するため、複数の位相的特徴型のうちの少なくとも一つを使用者が選択できるようにするためのグラフィックユーザーインターフェース。

【請求項26】 前記ソリッドモデルは、CADシステムによって形成される、請求項25に記載のグラフィックユーザーインターフェース。

【請求項27】 前記位相的特徴型は、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リフトップ、トップ面取り、トップラウンド、及び、開放輪郭、及び、オーリング溝からなる群から選択される、請求項25に記載のグラフィックユーザーインターフェース。

【請求項28】 ソリッドモデルによって表された加工物を機械加工してソリッドモデルによって表された対象物を製造する上で人間の機械工を補助するためのコンピュータが実行できる命令を保持する、コンピュータが読み取ることができる媒体であって、前記二つのソリッドモデルを組み合わせ、前記対象物を形成するために除去されるべき前記加工物の容積部分を示すNCモデルを形成し、方法は、

複数の位相的特徴型を提供する工程と、

前記除去されるべき容積部分を複数の機械加工特徴に分割する工程であって、各機械加工特徴は、前記人間の機

械工が、前記複数の特徴型のうちの少なくとも一つ及び前記NCモデルの一つの表面を選択し、前記表面を持つ前記モデルの容積部分を前記選択された特徴型と関連させて機械加工特徴を定義することにより形成される、工程と、

前記機械加工特徴の各々を機械加工するための工具経路を提供する工程と、

を含む、コンピューターが読み取ることができる媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加工物を機械加工するための数値制御プログラムを発生するためのコンピューター援用方法を提供することにある。更に詳細には、本発明はコンピューターグラフィック工具及び機械工等の使用者が加工物を機械加工するのを助けるための方法を提供する。

【0002】

【従来の技術】コンピューター援用製造（CAM）システムは、加工物を機械加工するための数値制御機械を使用する。数値制御機械は、導入当初には手作業によるプログラミングを必要とした。即ち、プログラマーは、加工物を切削するために機械の切削工具が横切る全ての座標を計算し、この情報を工作機械が理解できる言語に変換する必要があった。この手順には、労力及び時間がかかる。

【0003】数値制御問題向き言語（APT）等のコンピューター援用プログラミング言語により、線、円弧、ベクトル、自由形態曲線、表面、等の幾何学的形状を数学的に定義でき、切削工具をこのような幾何学的形状に沿ってプログラムに従って駆動できる。このようなコンピューター援用プログラムは、加工物を機械加工するためのプログラムを発生するための数学的計算のほとんどを実行するが、プログラマーがこのようなコンピューター援用プログラムの複雑な言語を習得する必要がある。今日使用されているCAMシステムの多くは、このような手作業のコンピューター援用プログラミング方法に対してグラフィック及び効率的なナンバークランニング能力（計算能力）を加えるだけであり、及び従って、こうした方法の上述の欠点がある。

【0004】CAMシステムの別の範疇は、ソリッドモデリング技術の出現による自動数値制御プログラミングを使用する。このようなシステムは、生成的数値制御（GNC）システム及び特徴認知システムの二つの大きな下位区分に分けられる。GNCシステムは、人工知能やケースベースストーリーゾニング（case-based reasoning）（CBR）等の方法を加工物のソリッドモデルに適用し、加工物を機械加工する上で最適のNCプログラミングを自動的に形成することにより、プログラマーに代わろうとするシステムである。しかしながら、このようなシステムを使用することは、閉

鎖的に制御された状態内でしか実際のでない。従って、このようなシステムは、機械加工プロセスの自動化に対する一般的な解決策とならない。

【0005】GNCシステムと異なり、特徴認知システムは、完全にプログラマーに代わろうとしない。この方法では、工具経路を発生するための単調で退屈な仕事をプログラマーが行う必要がある。しかしながら、このようなシステムでは、プログラマーは、加工物の機械加工に関する所定の重要な決定をできない。例えば、このようなシステムは、加工物のソリッドモデルを分析することによって、加工物からの材料除去順序をプログラムで決定する。

【0006】従って、従来のシステムは、部品プログラミングプロセスを十分に合理化しないか或いは加工物の機械加工に関して加工物の部分を除去する順序といった所定の重要な決定を行う機会を機械工から奪うプロセスを自動化するかのいずれかである。これは、加工物を機械加工するための戦略を開発する上で機械工の経験を活かすことができないため、特に欠点である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、加工物を機械加工して物理的対象物を製造するためのコンピューター援用方法を提供する。本発明の方法は、コンピューター援用設計（CAD）システム、例えば米国マサチューセッツ州ウォルサムのパラメトリック・テクノロジー社がプロ/エンジニア2000iの商標で製造しているCAD/CAMシステム等のグラフィックソフトウェアを使用することによって、物理的対象物のソリッドモデル及び加工物のソリッドモデルを提供する。その後、本発明の方法は対象物のソリッドモデルを加工物のソリッドモデルと、例えば二つのモデルを重ねることによって組み合わせ、対象物を形成するために除去される必要がある加工物の容積部分を示す合成モデルを提供する。この合成モデルを、本明細書中、数値制御（NC）モデルと呼ぶ。

【0008】更に、本発明の方法は、複数の位相的特徴型をグラフィックソフトウェアで提供する。このグラフィックソフトウェアは、NCモデルの容積部分を、少なくとも一つの位相的特徴と位相的に等価の幾何学的形状を持つ機械加工特徴として定義する。詳細には、人間の使用者は、対象物のモデルに含まれていないNCモデルの容積部分、即ち対象物を形成するために除去する必要がある加工物の容積部分と対応する部分を複数の機械加工特徴に分割するため、位相的特徴型を使用する。本発明の好ましい実施例では、人間の使用者は、位相的特徴型のうちの少なくとも一つを選択し、NCモデルの表面を選択し、選択された表面を持つモデルの関連した一部を、選択された位相的特徴型と関連させる。このようにして、人間の使用者は、選択された表面を持つ部分を、選択された位相的特徴型と位相的に等価の機械加工特徴

と定義する。かくして、人間の使用者は、除去されるべき容積部分を多数の機械加工特徴に分割する。更に、本発明の方法は、対象物を形成するために機械加工特徴を機械加工するための工具経路を提供する。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の一つの特徴によれば、位相的特徴型は、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リブトップ、トップ面取り、トップラウンド、開放輪郭、及びオーリング溝を含む。これらの特徴型の各々を下文で定義する。

【0010】本発明の別の特徴によれば、本発明の方法を実施するためにコンピューターが実行できる命令を保持する、CD-ROM、フロッピーディスク、又はハードディスク等のコンピューターで読み取ることができる媒体が提供される。

【0011】本発明の更に別の特徴では、本発明の位相的特徴型を定義するためのコンピューターが実行できる命令を保持する、コンピューターで読み取ることができる媒体が提供される。

【0012】本発明の他の特徴は、コンピュータープラットフォームで、人間の機械工が加工物を機械加工して対象物を製造するのを補助するための本発明による方法を実施するためのコンピューターが実行できる命令を伝達するための伝達媒体を提供することと関連している。

【0013】本発明の更に他の特徴は、例えば上文中で言及したパラメトリック・テクノロジー社が製造しているプロ/エンジニアシステム等のCADシステムによって形成されたソリッドモデルの選択された容積部分を定義するため、使用者が本発明の教示に従って提供された複数の位相的特徴型のうちの少なくとも一つを選択できるようにするグラフィックユーザーインターフェースをコンピューターシステムに設けることと関連している。

【0014】本発明のこの他の特徴によれば、人間の機械工が加工物を機械加工して対象物を形成するのを補助するためのCAMシステムが提供される。このCAMシステムは、加工物のソリッドモデル、対象物のソリッドモデル、及び対象物のソリッドモデル及び加工物のソリッドモデルの組み合わせ、対象物を形成するために除去する必要がある加工物の容積部分を示すNCモデルを形成するソフトウェアを含む。CAMシステムは、NCモデルの選択された容積部分を本発明の方法に従って複数の機械加工特徴に分割するための複数の位相的特徴型を定義するためのソフトウェアを更に含む。更に、CAMシステムは、複数の機械加工特徴を機械加工するための工具経路を形成するためのソフトウェアを含む。工具経路は、通常のCL（カッター位置）データを含む。データは、後に処理され、使用されるべき工作機械の特定の

言語にされる（機械制御データ=MCD）。

【0015】本発明を実施するためのコンピュータープログラムは、任意の適当なプログラミング言語で書くことができる。このようなプログラミング言語には、C、C++、及びジャバ（ジャバ（Java）はサンマイクロシステムズ社の商標である）が含まれるが、これらの言語に限定されない。本発明の方法は、標準的なプログラミングを使用することによって実施できる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の教示に従ってコンピューターが実施する方法は、加工物を機械加工して物理的対象物を形成する上で人間の機械工を補助する。詳細に述べると、人間の機械工は、有利には、本発明の方法を実施するソフトウェアと相互作用し、加工物及び対象物の組み合わせモデルに示す加工物の除去される必要がある容積部分を更に小さく且つ更に管理可能な容積部分に分割できる。これは、工場内で機械加工作業を実施できるようにする上で役立つ。これらの小容積部分を、本明細書中、機械加工特徴（machining feature）と呼ぶ。本発明の方法は、本発明が提供する特定の位相的特徴を使用者が選択したとき、及び設計モデルの一つ又はそれ以上の表面を選択したとき、これらの機械加工特徴を自動的に形成する。本発明の機械加工特徴は、有利には、硬質の及び/又は軟質の表面を有し、これにより、以下に説明するように、加工物を機械加工するための最適の工具経路を発生できる。

【0017】図1は、図示の実施例を実施するための例示のコンピューターシステム10の構成要素を示すブロックダイヤグラムである。コンピューターシステム10は、命令を実行するための中央処理装置（CPU）12を含む。キーボード14、ビデオディスプレイ16、マウス18を含む多くの周辺装置がコンピューターシステム10の部分として設けられている。コンピューターシステム10がアナログ電話回線を介して通信できるようにするモデム及びコンピューターシステム10をローカルエリアネットワーク（LAN）に容易に接続するためのネットワークアダプタ22が設けられているのがよい。コンピューターシステム10は、遠隔サーバー（図示せず）との遠隔通信を容易にするためのケーブルモデム等の他の構成要素を更に含むのがよい。

【0018】コンピューターシステム10は、一次記憶装置24及び二次記憶装置26の両方を含む。二次記憶装置26は、多くの様々な種類の持続的記憶装置を含む。例えば、二次記憶装置26には、CD-ROM、フロッピーディスク、ハードディスク、及び/又はコンピューターが読み取ることができる任意の他の適当な媒体が含まれ、これらには、光、磁気、又は他の記録材料を使用する他の装置が含まれる。一次記憶装置24にも、DRAM、SRAM、等の多くの様々な種類の記憶装置が含まれる。

【0019】コンピュータシステム10は、更に、物理的対象物のソリッドモデルを形成するための設備を含む。例えば、米国マサチューセッツ州ウォルサムのパラメトリック・テクノロジー社（以下、「PTC」と呼ぶ）がプロ/エンジニア2000iの商標で製造しているシステム等のCADシステムは、二次記憶装置26に記憶でき、加工物のモデル及び／又は加工物を機械加工することによって製造されるべき対象物を製造するのに使用される。

【0020】二次記憶装置26は、更に、以下に説明するように、本発明による複数の位相的特徴を定義するための実行可能命令、及び加工物の選択された容積部分を機械加工するための工具経路を発生するための命令を含む。好ましい実施例では、このような実行可能命令は、機械工が加工物を機械加工するのを補助するため、CAMシステムに組み込まれている。図1に示すコンピュータシステム10は単なる例示であって本発明を限定しようとするものではないということは、当業者には理解されよう。

【0021】図示の実施例の方法の例示の実施例を、本明細書中、設計モデルと呼ぶ物理的対象物のソリッドモデル28（図2参照）及び、ストックモデルとして周知の加工物のソリッドモデル30（図3参照）に関して説明する。対象物は、ストックモデルから形成される。加工物は、例えば、アルミニウム等のスラブである。本発明の好ましい実施例は、ソリッドモデル28及び30の製造にCADシステムを使用する。

【0022】本発明の方法は、ソリッドモデル28及び30を図4に示すように組み合わせ、対象物28を形成するために除去する必要がある加工物の容積部分を示す、本明細書中下文において数値制御（NC）モデルと呼ぶ合成モデル32を形成する。人間の機械工は、NCモデル32及び本発明が提供する以下に説明する様々な位相的特徴を使用し、除去されるべき容積部分を複数の機械加工特徴に分割できる。

【0023】本発明の方法によって提供され、以下に説明する例示の実施例で使用される位相的特徴には、フェース、スラブ、ポケット、スルーポケット、ステップ、プロファイル、チャンネル、スロット、ポストップ、フランジフェース、ホールパターン、エントリーホール、スルースロット、アンダーカット、リブトップ、トップ面取り、トップラウンド、及び開放輪郭、及びオーリング溝が含まれる。

【0024】各位相的特徴は、特徴が画成する容積エレメントを境界付けるソリッドモデルの表面の性状に関して定義される。容積エレメントの境界面を、本明細書中、トップ、フロア、及び壁と呼ぶ。これらの表面は、本明細書中、XYZデカルト座標系に関して定義される。詳細には、本明細書中で使用するトップという用語は、Z座標の平均値（表面の全ての点に亘って平均し

た）が他の表面のZ座標の平均値よりも大きい、容積エレメントの境界面に関する。フロアは、Z座標の平均値が最も小さい表面である。残りの境界面を、本明細書中、壁と呼ぶ。

【0025】複数の表面が隣接しており且つこれらの表面の各々が二つの隣接した表面を持つ場合、これらの表面が閉ループを形成する。単一の表面が最初と最後が会うように折畳まれている場合、単一の表面が閉ループを形成する。例えば、単一の円筒形表面が閉ループを形成する。容積エレメントを取り囲む各表面は、硬質の表面であってもよいし、軟質の表面であってもよい。ソリッドモデルの表面を説明するために本明細書中で使用した「硬質」という形容詞は、ミリングビット等の工具ビットが貫通できない対象物の表面と対応するモデルの表面に関し、ソリッドモデルの表面を説明するために本明細書中で使用した「軟質」という形容詞は、工具ビットが貫通できる表面に関する。更に、本明細書中で使用した「壁の鎖」という用語は、単一の壁又は多数の隣接した同じ種類の即ち硬質又は軟質の壁に関する。壁の鎖は、開ループ又は閉ループのいずれも形成できる。アイランドは、位相的特徴のフロアに全体が含まれる硬質壁の閉ループに関する。

【0026】本発明の様々な位相的特徴は、以下のよう

に定義される。フェース特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含み、閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーン即ち軟質壁の最外チェーンが、本発明の方法によって形成される。

【0027】スラブ特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含み、幾つかの硬質壁及び幾つかの軟質壁を含む。例えば、スラブ特徴は、閉ループを形成する硬質壁及び軟質壁の多数の交互のチェーンを含む。このような場合、スラブ特徴はアイランドを含む。別の態様では、スラブ特徴は、閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーンを含む。この場合、アイランドが必然的に形成される。

【0028】ポケット特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含み、閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーンを更に含む。スルーポケット特徴は、軟質フロア及び軟質トップを含み、閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーンを更に含む。

【0029】ステップ特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。ステップ特徴は、互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを更に含む。別の態様では、ステップ特徴は、閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーン及びこの硬質壁と交差しない閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーンを含む。

【0030】プロファイル特徴は、軟質フロア及び軟質トップを含む。更に、プロファイル特徴は、互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを含む。別の態様では、プロファイル特徴

は、軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを含む。これらのチェーンは交差せず、硬質壁が互いに閉ループを形成し、軟質壁が互いに別の閉ループを形成する。

【0031】チャンネル特徴は硬質フロア及び軟質トップを含む。チャンネル特徴は、更に、互いに閉ループを形成する硬質壁及び軟質壁の多数の交互のチェーンを含み、ここでは、各種類、即ち硬質及び軟質のうちの少なくとも二つのチェーンが必要とされる。

【0032】スロット特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。第1の状態の組では、スロット特徴は、互いに閉ループを形成する硬質壁及び軟質壁の多数の交互のチェーンを含む。各種類の即ち硬質及び軟質のチェーンが二つしかない場合には、硬質壁の一つのチェーンが他のチェーンの直角一定オフセット (normal constant offset) である。本明細書中、表面が別の表面の直角一定オフセットと特徴付けられるのは、任意の表面から発し且つその表面に対して垂直なベクトルが他の表面と直角をなして交差し、全てのこのようなベクトルが同じ長さである場合である。別の態様では、第2の状態の組では、スロット特徴は、互いに閉ループを形成する軟質壁の一つのチェーン及び硬質壁の三つのチェーンを含む。軟質壁のチェーンと向き合った硬質壁のチェーンは、全半径でなければならず、即ち全体に半円筒形状を備えていなければならず、硬質壁の残りの二つのチェーンは、互いに直角一定オフセットでなければならない。第3の状態の組では、スロットは、互いに閉ループを形成する硬質壁の四つのチェーンを含む。これらのチェーンのうちの互いに向き合った二つのチェーンは、互いに等しい全半径を各々形成する。更に、硬質壁の残りの二つのチェーンは、互いに直角一定オフセットでなければならない。

【0033】ポストトップ特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、ポストトップ特徴は、互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーンを含み、軟質壁は、フロアに最も近い軟質壁のチェーンである。

【0034】フランジフェース特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、フランジフェース特徴は、軟質壁の交差しない二つのチェーンを含み、これらのチェーンの各々は閉ループを形成する。別の態様では、フランジフェースは、軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを含み、これらのチェーンは交差せず、各チェーンが別の閉ループを形成する場合、硬質壁のチェーンが軟質壁のチェーン内に完全に収容されている。

【0035】ホールパターン特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含むけれども、必然的に軟質トップを含む。更に、ホールパターン特徴は、一組の一つ又はそれ以上の円筒形硬質壁を含み、これらの壁の各々は、互いにばらばらになっている。

【0036】エントリーホール特徴は、硬質又は軟質の

フロアを含むが、必ず軟質のトップを含まなければならない。更に、エントリーホール特徴は、現存のポケットに、又はスルーポケットに、又は互いに閉ループを形成する硬質壁の四つのチェーンを含む現存のスロットに又はオーリング溝に形成された単一の開口部を含む。

【0037】スルースロット特徴は、軟質フロア及び軟質トップを含む。更に、スルースロット特徴は、互いに閉ループを形成する軟質壁の一つのチェーン及び硬質壁の三つのチェーンを含む。軟質壁のチェーンと向き合った硬質壁のチェーンの各々は、全半径でなければならない。残りの二つの硬質壁のチェーンは、互いに垂直一定オフセットでなければならない。別の態様では、スルースロットは、硬質壁の四つのチェーンを含み、これらのチェーンは閉ループを形成する。これらのチェーンのうちの二つの各々の壁は、半径が他方の半径と等しい全半径を形成する。硬質壁の残りの二つのチェーンは、互いに垂直一定オフセットでなければならない。

【0038】アンダーカット特徴のフロアは、硬質であっても軟質壁であってもよいが、そのトップは硬質表面でなければならない。更に、アンダーカット特徴は、互いに閉ループを形成する軟質壁の一つのチェーン及び硬質壁の一つのチェーンを含む。

【0039】リブトップは、硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、リブトップは、互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーンを含む。別の態様では、リブトップは、互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを含む。更に別の態様では、リブトップは、互いに閉ループを形成する軟質壁及び硬質壁からなる多数の交互のチェーンを含む。

【0040】トップ面取り特徴は、三角形断面を有し、硬質の平らな表面でできたチェーンで形成された硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、トップ面取りは、軟質壁のチェーンを含む。

【0041】トップラウンド特徴は、円筒形硬質表面でできたチェーンで形成された硬質フロア及び軟質トップを含む。トップラウンド特徴は、軟質壁の単一のチェーンを更に含む。トップラウンドは、円筒形凸状フロアを有する。

【0042】開放輪郭特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。開放輪郭特徴は、フェース特徴又はスラブ特徴のいずれかの特別の場合であり、及び従って、これらの特徴のうちの一方の状態を満足させる。更に、開放輪郭特徴の硬質フロアは、非平坦表面又はアクティブ座標系のZ軸に対して垂直でない平坦表面即ち傾斜面のうちのいずれかである。

【0043】オーリング溝特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、オーリング溝特徴は、非交差硬質壁の二つのチェーンを含み、これらのチェーンの各々は、他方に対して垂直一定オフセットであり、各チェーンが閉ループを形成する。

【0044】図5は、本発明によるグラフィカルユーザインターフェース（GUI）のツールバー34を示す。このインターフェースには、本発明が提供する位相的特徴を選択するための複数のアイコンが含まれる。詳細には、アイコン36がポケット特徴を表し、アイコン38がスルーポケット特徴を表し、アイコン40がチャンネル特徴を表し、アイコン42がスロット特徴を表し、アイコン44がステップ特徴を表し、アイコン46がフェース特徴を表し、アイコン48がスラブ特徴を表し、アイコン50がフランジフェース特徴を表し、アイコン52がプロファイル特徴を表し、アイコン54がポストップ特徴を表し、アイコン56がホールパターン特徴を表し、アイコン58がエントリーホール特徴を表す。アイコン60、62、及び64は特徴の定義と関連しないが、他の機能を提供する。詳細には、アイコン60は、定義された全ての特徴を取り除いた後のNCモデルを表示するために選択できる。アイコン62は、定義された特徴と関連していない工具経路を形成するために選択できる。詳細には、アイコン62を選択すると、使用者は、切削工具の経路を、この工具が辿るNCモデルの現存の縁部に従って、スケッチできる。アイコン64は、定義された特徴のリストを提供するために選択できる。このリストで特徴を選択することにより、使用者は、特徴を機械加工するための工具経路を形成できる。

【0045】機械工等の人間の使用者は、除去される必要があるNCモデル32の容積部分を分割する機械加工特徴を定義するため、一つ又はそれ以上の位相的特徴を選択できる。例えば、加工物30の機械加工の第1工程として、機械工は、ツールバー34の図示のアイコン46を選択することによって、フェース特徴を定義する位相的特徴を選択できる。

【0046】図5、図6、図7、及び図8を参照して説明する。アイコン46を選択すると、ダイアログボックス46aが現れ、好ましくは定義特徴フロアオプション（Define Feature Floor option）を予め選択すると、フェース機械加工特徴として定義されるべき容積部分の硬質フロアを構成する設計モデルの表面を機械工が選択するのを促し、更に、この機械加工特徴を命名する機会を機械工に提供する。

【0047】この例示の例では、機械工は、高さh、長さl、及び幅wの平行六面体形状の容積部分68の硬質フロアとして設計モデルの水平な即ちZ軸に対して垂直な表面66を選択する。これは、フェース機械加工特徴、本明細書中でフェース1と呼ぶ、と定義される。次いで、本発明の方法は、容積部分68の垂直な即ちZ軸と平行な周面70、72、74、及び76を、自動的に、フェース機械加工特徴の軟質壁と定義し、更に、硬質フロア66からZ軸に沿って正方向に距離hだけ離れた水平表面78をフェース特徴68の軟質トップと定義する。かくして、本発明の方法により、機械工は、硬質

フロア64を選択するだけで容積エレメント68をフェース機械加工特徴と定義でき、これと同時に、本発明の方法はフェース特徴の別の表面を自動的に見つけ、これらの表面が硬質表面であるか或いは軟質表面であるかを決定する。この例示のフェース機械加工特徴は、平行六面体形状を有するけれども、本発明によるフェース特徴は任意の形状を持つことができるということは当業者には理解されよう。人間の機械工とコンピューターで実施する本発明の方法との間の相互作用により、特徴に基づいた多くの従来の製造システムを越える利点を提供する。このような従来のシステムは、代表的には、非常に煩雑であり且つ時間がかかるプロセスである、特徴の全ての表面を手動で選択するか或いは、完全にうまくいくことが稀であり簡単な場合にしか用いることができない、特徴を全自動で発生する試みのいずれかを必要とした。

【0048】図8は、フェース機械加工特徴68を取り除いた後のNCモデル32を示す。区分32a及び32b等の暗い区分は、物理的対象物28を形成するために除去する必要がある加工物の残りの容積部分を示す。これらの残りの容積部分は、上文中に説明した本発明の別の位相的特徴に従って定義される。

【0049】図5、図9、図10、及び図11を参照すると、本発明の例示の実施例では、機械工は、フェース特徴68の形成後、ステップ位相的特徴と対応するアイコン44をツールバー34から選択し、ダイアログボックス44aを得ることができる。ステップ位相的特徴は、上文中に説明したように、硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、ステップ特徴の一実施例は、軟質壁の単一のチェーン及び軟質壁との組み合わせで閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーンを含む。機械工は、設計モデル28の水平表面80を、ステップ機械加工特徴として定義されるべき容積部分の硬質フロアとして選択する。機械工が硬質フロア80を選択するとき、本発明の方法は、表面82a、82b、82c、82d、82e、82f、及び82gを含む硬質壁82の単一のチェーン、垂直壁84a及び84bを含む軟質壁84の単一のチェーン、及び硬質壁82及び軟質壁84によって境界が定めらフェース特徴68のフロアの一部である軟質トップ86を自動的に選択し、ステップ機械加工特徴88を形成する。この例では、ステップ特徴88はフェース特徴68の形成後に定義されるが、本発明の方法は、様々な特徴を定義する順番について機械工が完全に制御できるということは当業者には理解されよう。

【0050】図11は、本明細書中、ラージステップと呼ぶフェース特徴68及びステップ特徴88を除去した後のNCモデル32を示し、除去されるべき残りの容積部分は、暗い区分として示してある。

【0051】図5、図12、図13、及び図14を参照すると、ステップ特徴88の形成に続き、機械工は、プ

10

20

30

40

50

ロファイル位相的特徴を表すアイコン 52 をツールバー 34 から選択できる。プロファイル位相的特徴 52 を選択すると、ダイアログボックス 52a が現れ、このダイアログボックスは、プロファイル機械加工特徴と定義されるべき NC モデル 30 の容積部分の硬質壁として機械工が設計モデル 28 の一つ又はそれ以上の表面を選択するのを促す。例示の実施例では、機械工は、表面 90a、90b、及び 90c からなる単一のチェーンを、プロファイル機械加工特徴として定義されるべき容積部分の硬質壁として、例えば表面 90b を選択することによって定義する。本発明の方法は、軟質壁 92a 及び 92b を含む単一のチェーン、軟質トップ 94、及び軟質フロア 96 を自動的に選択し、プロファイル機械加工特徴 98 を形成する。軟質壁 92b は、軟質壁 92a 及び硬質壁 90a によって限界が定められた加工物 30 の側壁の一部であり、軟質フロア 96 は、硬質壁 90a、90b、90c 及び軟質壁 92a 及び 92b によって限界が定められた加工物 30 の底側の一部である。プロファイル特徴 98 の硬質壁 90a、90b、90c と軟質壁 92a 及び 92b との組み合わせが閉ループを形成する。この例示の実施例では、本発明の方法についてプロファイル特徴 98 を形成する上で、硬質表面 90a、90b、又は 90c のうちの一つだけを選択するので十分である。一般的には、本発明の方法に対し、プロファイル特徴を形成するため、十分な情報を提供するため、機械工が一つ以上の硬質表面を選択する必要がある。

【0052】図 14 は、フェース特徴 68、ステップ特徴 88、及びプロファイル特徴 98 を除去した後の NC モデル 32 を示す。暗い区分は、物理的対象物 28 を得るために除去する必要がある NC モデルの残りの容積部分を示す。

【0053】図 16 を参照すると、この図には、設計モデル 28 が中央開口部 100 を含むことが示してある。中央開口部は、壁 102 の単一のチェーンによって限界が定められた上部分及び押縁 106 によって壁 102 の単一のチェーンから分離された壁 104 の単一のチェーンによって限界が定められた下部分で形成されている。本発明の方法は、有利には、除去されるべき容積エレメントを定義するための別の特徴を選択する可能性を提供する。例えば、機械工は、以下に説明するように中央開口部 100 と対応する機械加工特徴を定義するため、ポケット特徴及びスルーポケット特徴の組み合わせ或いは別の態様としてスルーポケット特徴及びステップ特徴の組み合わせのいずれかを使用できる。容積エレメントを定義するための別の特徴を選択する上で本発明の方法が提供する融通性が有利である。これは、機械工が、容積エレメントを最適に機械加工するために従来の機械加工の経験及び機械加工環境の知識を使用できるためである。

【0054】ポケット特徴及びスルーポケット特徴の組

み合わせによって中央開口部 100 を定義するため、機械工は、まず、ツールバー 34 からアイコン 36 を選択できる (図 5 参照)。これは、ポケット位相的特徴と対応する。ポケット特徴は、上文中に説明したように、硬質フロア、軟質トップ、及び硬質壁を含む。図 15、図 16、及び図 17 を参照すると、ポケット特徴 36 の選択時に、定義特徴フロアオプション (Define Feature Floor option) が予め選択された状態で、ダイアログボックス 36a が現れる。機械工は、押縁 106 を選択して硬質フロアを定義する。このフロアは押縁 106 を含み、ポケット特徴として定義されるべき容積部分として壁 102 のチェーンによって限界が定められる。硬質フロアの選択時に、本発明の方法は、閉ループを形成する表面 102a、102b、102c、102d、102e、102f、102g、102h、102i、及び 102j を含む硬質壁 102 の単一のチェーン (図 17 参照)、及び壁 102 のチェーンによって限界が定められたフェース特徴 68 の一部である軟質トップ 108 を自動的に選択し、硬質フロア 106 から Z 軸に沿って正方向に硬質壁 102 の単一のチェーンの幅 h1 だけずらし、ポケット機械加工特徴 110 を形成する。

【0055】図 18 は、フェース特徴 68、ステップ特徴 88、プロファイル特徴 98、及びポケット特徴 110 を除去した後の NC モデル 32 を示す。暗い区分は、対象物 28 を形成するために除去する必要がある残りの容積部分を示す。

【0056】図 19、図 20、図 21、及び図 22 を参照すると、例示の実施例の続く工程で、機械工は、例えばツールバー 34 からアイコン 38 を選択することによって、スルーポケットと対応する位相的特徴を選択する。これによってダイアログボックス 40a が現れる (図 19 参照)。上文中に説明したように、スルーポケットは、軟質フロア、軟質トップ、及び閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーンを含む。機械工は、壁 104 の単一のチェーンを形成する表面のうちの一つ、例えば表面 104a を選択し、スルーポケット機械加工特徴と定義されるべき容積部分用の硬質壁の単一のチェーンを定義できる。表面 104a を硬質壁として選択した場合、本発明の方法は、表面 104b、表面 104c、表面 104d、表面 104e、表面 104f、表面 104g、表面 104h、表面 104i、及び表面 104j を、表面 104a とともにスルーポケット機械加工特徴の硬質壁の単一のチェーンを形成する表面として自動的に選択する。更に、本発明の方法は、中央開口部 100 の上部分と下部分との間を延びるポケット特徴 110 のフロアの一部である押縁 106 によって境界付けられた軟質トップ 112 を自動的に選択し、加工物 28 を貫通したスルーポケット特徴 116 を形成する軟質フロア 114 を自動的に選択する。スルーポケット特徴の他の表

面を、その硬質フロアの選択後に選択するため、部分自動化を使用することもできるということは当業者には理解されよう。

【0057】図22は、フェース特徴68、ステップ特徴88、プロファイル特徴98、ポケット特徴110、及びスルーポケット特徴116を除去した後のNCモデル32を示し、ポケット特徴110及びスルーポケット特徴116を除去することによって中央開口部100が形成されていることを示す。暗い区分は、対象物28を形成するために加工物30から除去する必要がある残りの容積部分を示す。

【0058】別の態様では、加工物30から除去されるべき容積エレメントをスルーポケット特徴及びステップ特徴の組み合わせと特徴付けることによって中央開口部100を形成できる。詳細には、図23は、機械工が、先ず最初に、例えば設計モデル2.8の表面1.04aを選択することによって、加工物30の全幅hに亘って延びるスルーポケット特徴118を定義できるということを示す。このような選択を行うとき、本発明の方法は、104b、104c、104d、104e、104f、104g、104h、104i、及び104jを選択し、これらの表面の各々を延ばし、加工物28の全幅hに亘る選択した表面104aでスルーポケット特徴118の硬質壁のチェーンを形成する。更に、本発明の方法は、スルーポケット特徴118の硬質壁のチェーンが加工物の上面とスルーポケット特徴118の軟質トップとして交差することによって限界が定められた加工物28の上面の一部120を選択する。同様に、本発明の方法は、硬質壁のチェーンが下面と特徴118の軟質フロア122として交差することによって限界が定められた加工物28の下面の一部を選択する。

【0059】スルーポケット特徴118を形成した後、ツールバー34からアイコン44を選択し、押縁108を本発明の方法への入力として選択することによってステップ特徴(図24参照)を定義できる。機械工がこのような選択を行うと、本発明の方法は、特徴の硬質フロアである押縁108を定義し、閉ループを形成する表面102a、102b、102c、102d、102e、102f、102g、102h、102i、及び102jをステップ特徴124の硬質壁として選択することによってステップ特徴124を形成する。この方法は、更に、押縁108の上方に延びるスルーポケット118の壁のチェーンの部分の部分をステップ特徴124の軟質壁のチェーンとして選択する。ステップ特徴124の硬質壁及び軟質壁のチェーンによって限界が定められた加工物28の上面の一部126がステップ特徴124の軟質トップを形成する。かくして、ステップ特徴124は、閉ループを形成する硬質壁の単一のチェーン及び硬質壁と交差しない閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーンを含む。スルーポケット118及びステップ特徴124を

除去することによって中央開口部100を形成する。

【0060】ステップ特徴124の形成は、スルーポケット特徴118の形成後に行わなければならないということは当業者には理解されよう。これは、ステップ特徴124の軟質壁のチェーンが、スルーポケット118が形成された後にしか定義できないためである。これは、特定の状態では、加工物の容積エレメントを集散的に定義する様々な機械加工特徴を特定の順序で定義しなければならないということを示す。更に、これは、本発明の方法が、有利には、場合によっては、除去されるべき容積部分を定義するための別の態様の位相的特徴を使用できるようにすることを例示する。

【0061】NCモデル32の除去される必要がある残りの容積部分をステップ機械加工特徴と定義できる。例えば、図25及び図26は、表面130a、130b、及び130cを含む硬質壁130の単一のチェーンを持つステップ機械加工特徴128を示す。この機械加工特徴を、本明細書中、フロントステップ(Front Step)と呼ぶ。ステップ特徴128は、表面132a及び132bを含む軟質壁132の単一のチェーン、及び硬質壁130のチェーン及び軟質壁132のチェーンが形成する閉ループによって限界が定められた硬質フロアを更に含む。更に、ステップ特徴128は、壁130及び132によって限界が定められた上文中に定義したステップ特徴88のフロアの一部である軟質トップ136を含む。図27は、ステップ特徴128を除去した後のNCモデル32を示し、除去されるべき残りの容積部分を暗い区分として示す。これらの容積部分には、部分138及び部分140が含まれる。部分138は、三角柱状区分138a及び押縁区分138bを含む。

【0062】図28及び図29に示すように、部分140は、表面142を特徴の硬質フロアとして選択することによって、ステップ機械加工特徴と定義できる。この機械加工特徴を、本明細書中、バックステップ(Back Step)と呼ぶ。このような選択を行うと、方法は、表面144a、144b、及び144cをステップ特徴140の硬質壁として選択し、表面146a及び146bをその軟質壁として選択する。最後に、方法は、上文中に定義したフェース特徴の硬質フロアの一部である表面148(ハッチングを附した領域として示す)をステップ特徴140の軟質トップとして選択する。NCモデル32の概略平面図である図29は、ステップ機械加工特徴140の硬質壁及び軟質壁間の幾何学的関係を良好に例示し、図30は、ステップ特徴140を除去した後のNCモデル32を示す。

【0063】従来のCAMシステムは、硬質壁又は軟質壁の固有の知識を持たない。これらのシステムは、過失により切削工具が境界を横切ることがないということだけを仮定している。かくして、このような従来のシステムの使用者は、多大な労力で工具を加工物に入れ及び／

又は出す上で正しく配置するか或いはシステムが提供することを変更するかのいずれかを行わなければならない。これには時間がかかり、多くの場合、最適の効率の工具経路を提供しない。

【0064】図31及び32を参照すると、徐々される必要がある三角柱状区分138aは、三角形の硬質フロア150、硬質壁152、二つの軟質壁154及び156、及び上文中で定義したフェース特徴68のフロアの一部である三角形の軟質トップ158を持つステップ機械加工特徴と定義できる。図32は、硬質壁152及び軟質壁154及び156が三角形断面の閉ループを形成することを示す。

【0065】図33は、三角柱状特徴138aを除去した後のNCモデル32を示す。再び図27を参照すると、押縁区分138bもまたステップ機械加工特徴と定義できる。押縁区分は、図34及び図35に示すように、表面160a、160b、及び160cを含む硬質壁160の単一のチェーン及び表面162a及び162bを含む軟質壁の単一のチェーンを有する。図36は、押縁区分138bを除去した後のNCモデル32を示し、除去される必要がある残りの容積部分164を暗い区分として示す。これらの容積部分は、ホールパターン特徴と定義できる。これらの容積部分を除去することによって、図37に示すNCモデル32を形成する。

【0066】除去されるべき容積部分を複数の機械加工特徴として定義すると、機械工は、本発明の方法を使用し、定義された特徴を機械加工するための工具経路を形成できる。本発明の方法は、有利には、定義された特徴を機械加工するための工具経路の特殊戦略を提供する。詳細には、本発明の方法は、機械加工特徴が表す容積部分に工具ビットを進入するための経路を定義する機械加工特徴の軟質表面に関する情報を使用する。例示の実施例として、図38及び図39は、ミリングビット等の例示の工具ビット164aが上文中に定義したステップ機械加工特徴88を横切らなければならない経路164を示す。

【0067】工具経路164の平面図である図39は、工具ビット164aがステップ特徴88に出入りするための表面を軟質壁84a及び84bが提供することを示す。即ち、工具経路164に沿った工具ビット164aの移動は、軟質壁84a及び84bの外側で開始し終了する。更に、工具ビット164aは、硬質壁に切り込むことなく硬質壁82のチェーンに沿って移動する。かくして、例示の工具経路164は、硬質壁に影響を及ぼさずに軟質壁を完全に除去する。ステップ特徴88の機械加工に工具経路164以外の工具経路を使用できるということは当業者には理解されよう。

【0068】上述の例示の実施例は、本発明の方法により、有利には、所望の対象物を得るために除去される必要がある加工物の容積部分を定義するため、人間の機械

工がいずれの種類の機械加工特徴を使用するかを決定できることを示す。更に、本発明の方法は、有利には、機械工が最小の幾何学的選択を要求することによって、例えば特徴の硬質フロアを選択することによって、これらの特徴を形成する。かくして、本発明の方法は、加工物から除去されるべき材料を特定するのに必要な時間及び労力を大幅に減少することによって、従来のCAMシステム又は手作業で特徴を形成することを必要とする特徴をベースとしたシステムに対して利点を提供する。更に、本発明の方法が提供する特徴には、従来のシステムで提供されたよりも多くの機械加工情報が含まれる。例えば、本発明の方法によって形成された特徴の軟質壁は、切削工具を加工物に出入りさせるための安全で効率的なルートを提供する。更に、本発明の方法は、有利には、全ての軟質壁を機械加工によって完全に除去する。これは、従来のシステムの多くで行うことができなかった。

【0069】図40は、上文中に説明したように機械工が対話式に形成した上述の機械加工特徴のうちの幾つかのリスト166aを含むダイアログボックスを示す。多くのGNCシステム及び特徴認識システムは、代表的には、加工物の様々な容積部分を除去する順序を機械工が選択することを制限するか或いは許可しないけれども、本発明の方法では、有利には、定義された機械加工特徴を機械加工して所望の対象物を形成する順序を機械工が選択できる。例えば、本発明の方法により、機械工は、リスト166aのアイテムの順序を変えることができる。これにより、有利には、機械工は、機械加工の従来の経験、及び使用されるべき工作機械の性能や機械での加工物の配向、及びプログラムゼロ等の機械加工環境の知識を使用し、定義された機械加工特徴を除去するための最適の順序を定義できる。

【0070】本発明が提供する多くの位相的特徴は、別の方法で定義できる。例えば、上述の例示の実施例で使用されたプロファイル特徴98は、互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを含む。図41は、プロファイル特徴が、別の態様では、交差しない軟質壁の単一のチェーン及び硬質壁の単一のチェーンを含むことができることを示す。この場合、硬質壁が互いに閉ループを形成し、軟質壁が互いに閉ループを形成する。詳細には、図41は全体が加工物168内に取り囲まれた設計モデル28を示す。機械工は、加工物168の周囲表面168a、168b、168c、及び168dからプロファイル特徴として除去される必要がある容積エレメントを以下の方法で定義できる。機械工は、ツールバー34（図5参照）からプロファイル特徴アイコン52を選択でき、次いで設計モデル28の表面28aを容積エレメントの硬質壁の一つとして選択し、プロファイル特徴と定義する。機械工がこのような選択をしたとき、本発明の方法は、互いに閉ループ

ブを形成する設計モデル 28 の周囲表面 28 a、28 b、28 c、28 d、28 e、28 f、及び 28 g を含む硬質壁の単一のチェーン、及び加工物 168 の軟質壁 168 a、168 b、168 c、及び 168 d からなる単一のチェーンを含むプロファイル特徴を定義する。硬質壁は、軟質壁と全く交差ししない。更に、壁即ち軟質壁及び硬質壁からなる各チェーンは閉ループを形成する。更に、このプロファイル特徴は、硬質壁及び軟質壁によって限界が定められた加工物 168 の上面の一部である軟質トップ 168 e、及び軟質壁及び硬質壁によって限界が定められた加工物 168 の下面の一部である軟質フロア 168 f を有する。

【0071】図 42 は、このプロファイル特徴を除去した後の加工物 168 を示す。図 5、図 43、及び図 44 を参照すると、本発明が提供する別の位相的特徴はスロット特徴である。これはツールパス 3.4 からアイコン 42 を選択することによって選択できる。スロット特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む。上文中に説明したように、第 1 の状態の組では、スロット特徴は、互いに閉ループを形成する硬質壁及び軟質壁の多数の交互のチェーンを含み、このうち各種類即ち硬質壁及び軟質壁の二つのチェーンだけが示してある。硬質壁の一方のチェーンは、他方のチェーンの垂直一定オフセットである。設計モデル 172 及び平行六面体加工物 174 を含む NC モデル 170 を示す図 43 は、機械工が設計モデル 172 の表面 172 a をスロット機械加工特徴 176 のフロアとして選択することによって定義できるスロット機械加工特徴 176 を示す。

【0072】このような選択時に、本発明の方法は、互いに一定オフセットの表面 172 b 及び 172 c をスロット特徴 176 の硬質壁と定義し、硬質フロア 172 a 及び硬質壁 172 b 及び 172 c によって限界が定められた加工物 174 の表面 174 a の一部をスロット特徴 176 の軟質表面の一方と定義する。スロット特徴 176 の他方の軟質表面を見つけるため、本発明の方法は、硬質壁 172 b 及び 172 c 及びフロア 172 a を、これらが加工物 174 の表面 174 b と交差するまで、一方の方向に延長する。交差は、スロット特徴 176 の他方の軟質表面として、延長した硬質壁 172 b 及び 172 c と硬質フロア 172 a との間で限界が定められた表面 174 b の一部を定義する。スロット特徴 176 の表面が幾何学的に並置されていることが、スロット特徴 176 の平面図である図 44 に良好に示してある。詳細には、図 44 には、二つの硬質壁 172 b 及び 172 c が互いに垂直一定オフセットであることを示し、更にスロット特徴 176 の二つの軟質壁 174 a 及び 174 b を示す。

【0073】図 45 は、スロット機械加工特徴 176 を除去した NC モデル 170 を示す。スロット特徴は、別の態様では、軟質壁の一つのチェーン及び互いに閉ル

ブを形成する硬質壁の三つのチェーンを含む。軟質壁のチェーンと向き合った硬質壁のチェーンは、全半径でなければならない。即ち全体に半円筒形状を備えていなければならない。硬質壁の残りの二つのチェーンは、互いに垂直オフセットでなければならない。図 43 の NC モデル 170 の部分図である図 46 は、このようなスロット機械加工特徴 178 を示す。スロット機械加工特徴 178 を形成するため、機械工は NC モデル 170 の表面 170 a を特徴の硬質フロアとして選択する。硬質フロアをこのように選択したとき、本発明の方法は、互いに垂直一定オフセットである二つの表面 170 b 及び 170 c をスロット特徴 178 の二つの硬質壁として選択する。更に、本発明の方法は、半円筒形表面 170 d をスロット特徴 178 の別の硬質壁として選択し、更に半円筒形表面 170 d とは反対側の表面 170 e を特徴 178 の軟質壁として選択する。更に、本発明の方法は、壁 170 b、170 c、170 d、及び 170 e によって限界が定められた加工物の上面の一部 174 c をスロット特徴 178 の軟質トップとして選択する。

【0074】スロット特徴 178 の平面図である図 47 は、軟質壁 170 e との組み合わせで閉ループを形成する三つの硬質壁 170 b、170 c、及び 170 d を示し、二つの硬質壁 170 b 及び 170 c が互いに垂直一定オフセットであることを更に示す。更に、図 47 は、170 d が全半径壁であり且つ軟質壁 170 e の反対側に位置決めされていることを示す。図 48 はスロット特徴 178 を除去した後の NC モデル 170 の一部を示す。

【0075】更に別の定義によれば、スロット特徴は互いに閉ループを形成する硬質壁の四つのチェーンを含む。これらのチェーンのうちの互いに向き合った二つのチェーンの各々が、向き合った壁と同じ曲率半径の全半径でなければならない。硬質壁の残りの二つのチェーンは、互いに垂直一定オフセットでなければならない。加工物 184 内に包囲された設計モデル 182 を含む NC モデル 180 の部分図である図 49 及び図 50 は、このようなスロット機械加工特徴 186 を示す。機械工は、設計モデル 182 の表面 182 a をスロット特徴 186 の硬質フロアとして選択できる。このような選択を行うとき、本発明の方法は、互いに垂直一定オフセットの二つの表面 182 b 及び 182 c をスロット特徴 186 の二つの硬質壁として選択することによって、スロット特徴 186 を形成する。更に、本方法は、二つの向き合った表面 182 d 及び 182 e をスロット特徴 186 の他の二つの硬質壁として選択する。更に、本発明の方法は、壁 182 b、182 c、182 d、及び 182 e によって限界が定められ且つ加工物 184 のトップ表面を特徴 186 の軟質トップとして含む一部 184 a を選択する。

【0076】スロット特徴 186 の概略平面図である図

51は、二つの表面182d及び182eの各々が全半径であり二つの表面182b及び182cが互いに垂直一定オフセットであることを示す。当業者は、このようなスロット特徴の二つの表面の各々は全半径でなければならないが、他の二つの表面は、互いに垂直一定オフセットである限り、任意の形状を有するのがよいということを理解するであろう。図52は、スロット特徴186を除去したNCモデル180の一部を示す。

【0077】本発明が提供する別の位相的特徴はチャンネル特徴である。このようなチャンネル特徴の例示の例が図53、54、及び55に示してある。詳細には、図53は、平行六面体加工物192内に包囲された設計モデル190を持つNCモデル188を示す。設計モデルの中央開口部190aと対応する容積部分を提供するためにポケット特徴及びスルーポケット特徴を定義した後、硬質壁194a、194b、194c、194d、194e、194f、194g、194h、194i、及び194j及び軟質壁194k及び194lの両方のチェーンを含むチャンネル特徴194を定義できる。チェーン194a、194c、194e、194g、194h、及び194iは、この実施例で個々に参照番号が附していない多数の壁を含む。チャンネル特徴194は、チャンネル特徴194の壁によって限界が定められた硬質フロア194mを更に含み、パッド190b、190c、190d、190e、190f、及び190gのトップ表面と隣接した軟質トップを含む。図55は、チャンネル特徴194を除去したNCモデル188を示す。

【0078】本発明の方法によって提供される別の位相的特徴は、ホールパターン特徴である。ホールパターン特徴は、硬質フロア及び軟質フロアのいずれを含んでもよいが、特徴の各穴は必ず軟質トップを含まなければならない。NCモデルの容積部分をホールパターン特徴と定義するため、機械工はツールバー34 (図5参照) からアイコン56を選択する。このような選択時に図56に示すダイアログボックス56aが現れ、これにより、ホールパターンに含まれるべき穴を選択するための四つのオプションのうちの一つ又はそれ以上を機械工が迅速に選択する。これらのオプションには、(1) 直径による、(2) 選択された表面上の全ての穴による、

(3) 使用者が特定したパラメータによる、又は(4) 個々に選択することによる、穴の選択が含まれる。オプション(1)の場合、即ち直径を選択する場合、使用者は、システムが発生したモデルに設けられた全ての穴の直径のリストから一つ又はそれ以上の直径を選択する。特定直径の全ての穴を選択する。オプション(2)の場合、即ち表面を選択する場合、使用者は一つ又はそれ以上の表面をモデルから選択する。選択された表面上でシステムが見つめる全ての穴を選択する。オプション

(3)の場合、即ちパラメータを選択する場合、使用者はパラメータの名称を例えば「B-ホール」と特定す

る。システムは、特定のパラメータを持つモデルの全ての穴を選択する。オプション(4)の場合、即ち軸線を選択する場合、使用者はホールパターン特徴に含まれるべき個々の穴の軸線を選択する。この選択は、グラフィックによって、又はシステムが発生したリストから行われる。更に、これらのプログラムのうちの一つ又はそれ以上を一緒に使用して探索の幅を狭めることができる。例えば、使用者は、選択されるべき特定の表面上の直径6.35mm (0.25インチ)の全ての穴を選択するようにシステムに依頼できる。

【0079】ホールパターン特徴の例示の例として、図57は、四つの穴198a、198b、198c、及び198dを含むホールパターン機械加工特徴198を持つNCモデル196を示す。各穴は、一つの円筒形硬質壁及び軟質トップを有する。更に、各穴はNCモデル196の全幅、及び従って軟質フロアを貫通している。硬質フロアを備えた穴を持つホールパターンを設けることもできるということは当業者には理解されよう。

【0080】図58は、ホールパターン特徴198を除去したNCモデル196を示す。本発明の方法によって提供される別の位相的特徴はスラブ特徴である。上文中に論じたように、スラブ特徴は硬質フロア及び軟質トップを含み、幾つかの硬質壁及び幾つかの軟質壁を更に含む。スラブ特徴の例示の例として、図59及び図60は、加工物204内に包囲された設計モデル202を含むNCモデル200を示す。加工物204から除去されるべき容積部分をスラブ特徴と定義するため、機械工は、設計モデル202の表面202aを、形成されるべきスラブ特徴の硬質フロアとして選択する。このような選択を行うとき、本発明の方法は、加工物204の二つの開ループを形成する表面204a、204b、204c、204d、204e、及び204fをスラブ特徴の軟質壁として見付ける。更に、本方法は、閉ループを各々形成する半円形表面202b及び202c、及び表面202d及び202eをスラブ特徴206の硬質壁として見つける。硬質壁及び軟質壁によって限界が定められた加工物204のトップ表面の一部204iが、スラブ特徴206の軟質トップを形成する。例示の例では、硬質壁202d及び202eの各々は、特徴のフロアに全体が含まれるアイランドを形成する。

【0081】図61は、スラブ特徴206を除去したNCモデル200を示す。本発明の方法が提供する別の位相的特徴はエントリーホールである。図5、図62、及び図63を参照すると、機械工は、ツールバー34からアイコン58を選択し、ダイアログボックス58aを得ることによってエントリーホールを形成できる。ダイアログボックス58aにより、機械工は穴の所望の直径を迅速に選択する。更に、機械工は、現存の特徴である穴が形成されるべきであることを表示する。選択できる特徴には、ポケット特徴、スルーポケット特徴、O-

リング溝特徴、及び互いに閉ループを形成する硬質壁の四つのチェーンを持つスロット特徴が含まれる。エンタリーホールは、単一の円筒形の硬質壁、軟質トップ、及び穴が加工物を完全に貫通するかどうかに応じて硬質フロア又は軟質フロアのいずれかを有する。

【0082】図63は、ポケット特徴に形成された、硬質フロアを持つ例示のエンタリーホール特徴208を示す。エンタリーホール特徴208は、有利には、ミリングカッター等の工具ビットのポケット特徴への進入を容易にする。詳細には、エンタリーホール208は、切削工具が加工物に進入できるようにするため、ポケット特徴のミリング即ち旋削前に加工物に穿孔される。

【0083】本発明の方法が提供する別の位相的特徴は、フランジフェース特徴である。機械工はツールバー34 (図5参照) からアイコン50を選択し、図64に示すダイアログボックス54aを得ることができ、好ましくは、定義特徴フロアオプション (Define Feature Floor option) を予め選択する。ダイアログボックス54aにより、機械工は、設計モデルの一つの表示を特徴の硬質フロアとして迅速に選択する。このような選択時に、本発明の方法は、軟質壁の一つの閉ループを特徴の外境界として見つけ、更に、軟質壁の一つの閉ループ又は硬質壁の一つの閉ループのいずれかが特徴の内境界を構成することを見つける。図65及び66は、NCモデル212の例示のフランジ特徴を示す。ここでは、この特徴は、軟質壁210aの閉ループをその外境界として含み、軟質壁210bの閉ループをその内境界として含む。

【0084】図67は、フランジフェース特徴210を除去したNCモデル212を示す。本発明の方法が提供する別の位相的特徴は、スルースロット特徴である。スルースロットは、軟質フロア及び軟質トップを含む。一形体では、スルースロット特徴は、軟質壁の一つのチェーン及び硬質壁の三つのチェーンを含み、軟質壁及び硬質壁が互いに閉ループを形成する。軟質壁のチェーンと向き合った硬質壁のチェーンは全半径である。図68は、機械工が、設計モデル216の硬質壁214aを選択することによって、スルースロット特徴214を設計モデル216に定義できることを示す。このような選択を行うとき、本発明の方法は、二つの追加の硬質壁214b及び214c、軟質壁214d、軟質フロア214e、及び軟質トップ214fを見つることによってスルースロット特徴214を形成する。スルースロット特徴214の平面図である図69は、硬質壁214b及び214cが互いに一定にオフセットしており、軟質壁214bと向き合った硬質壁214aが全半径であるということを示す。硬質壁214b及び214cは、互いに一定にオフセットしている限り、どのような形状であってもよいということは当業者には理解されよう。

【0085】図70は、スルースロット特徴214を除

去した後の設計モデル216を示す。図71に示す設計モデル216の例示のスルースロット特徴218は、互いに垂直一定オフセットの硬質壁220及び222を含む。ここで、チェーン220は表面220a、220b、及び220cを含み、チェーン222は表面222a、222b、及び222cを含む。スルースロット特徴218は、二つの硬質壁224及び226を更に含む。ここでは、これらの硬質壁の各々は全半径である。更に、スルースロット特徴218は、特徴218の壁によって限界が定められた設計モデル216の上面の一部である軟質トップ228、及び特徴218の壁によって限界が定められた設計モデル216の下面の一部である軟質フロア230を有する。本発明の方法は、設計モデル216の表面、例えば表面222b等の特徴218の一つの硬質表面として選択するときスルースロット特徴218を形成する。

【0086】図72は、スルースロット特徴218を除去した後の設計モデル216を示す。本発明が提供するポストアップ位相的特徴は、硬質フロア、軟質トップ、及び互いに閉ループを形成する軟質壁の単一のチェーンを含む。図74は、NCモデル234の予め形成したポケット特徴234a内に形成した本発明の教示による例示のトップ特徴232を示す。機械工は、ツールバー34 (図5参照) からアイコン54を選択することによってポストアップ特徴232を形成できる。このような選択を行うとき、本発明の方法は図73に示すダイアログボックス54aを提供し、機械工は、ポストアップ機械加工特徴として定義されるべき容積部分の硬質フロアとして設計モデル234の表面を迅速に選択する。この例示の例では、機械工は水平表面232aをポストアップ特徴232の硬質フロアとして選択する。このような選択を行うとき、本発明の方法は、円筒形軟質壁232b及び軟質トップ232cをポストアップ特徴232の他方の表面として選択する。この例示の実施例の軟質壁232bは円筒形であるけれども、当業者は軟質壁232bはどのような形状であってもよいということを理解するであろう。

【0087】図75は、ポストアップ特徴232を除去した後の設計モデル234を示す。本発明の教示による別の位相的特徴はOリング溝である。Oリング溝は、硬質フロア及び軟質トップを含み、交差しない硬質壁の二つのチェーンを含み、各チェーンは他方と垂直一定オフセットであり、各チェーンは閉ループを形成する。図76は、NCモデル238の本発明の例示のOリング溝機械加工特徴236を示す。機械工は、設計モデル238の表面238aを特徴236の硬質フロアとして選択する。このような選択を行うとき、本発明の方法は硬質壁238bのチェーン、硬質壁238cの別のチェーン、及び軟質トップ238dを選択し、特徴236を形成する。Oリング溝236の平面図である図77は、

壁 238b のチェーン及び壁 238c のチェーンが互いに垂直一定オフセットであることを示し、更に硬質壁の各チェーンが閉ループを形成することを示す。

【0088】図 78 は、O-リング溝 236 を除去した後の設計モデル 238 を示す。本発明が教示する別の位相的特徴は、硬質フロア及び軟質トップを含む開放輪郭特徴である。開放輪郭特徴の硬質フロアは、非平坦表面であるか、或いは工作機械のスピンダルに対して垂直でない平坦表面即ち傾斜面のいずれかである。図 79 は、NC モデル 240 の容積エレメント 240a を示す。この容積エレメントは、明瞭化を図るため、本発明の教示による開放輪郭特徴として定義される設計モデルの別の部分から外した状態で示してある。詳細には、開放輪郭特徴 240a は、使用者が選択した硬質傾斜フロア 240b、三つの周囲軟質壁（このうちの二つ 240c 及び 240d を示す）、硬質壁 240e、及び軟質トップ 240f を含む。

【0089】本発明によるアンダーカット位相的特徴は、硬質トップ及び硬質であっても軟質であってもよいフロアを含む。更に、アンダーカット特徴は、互いに閉ループを形成する硬質壁のチェーン及び軟質壁のチェーンを含む。アンダーカット特徴の例示の例として、図 80 は設計モデル 242 を示す。この設計モデルの容積部分 244 は除去してある。除去した部分は、硬質トップ 244a、軟質壁 244b、244c、及び 244d、硬質壁 244e、及び硬質フロア 244f を持つアンダーカット機械加工特徴と定義された。

【0090】本発明の方法が提供する別の位相的特徴はトップ面取りであり、硬質フロア及び軟質トップを含む。更に、トップ面取りは閉ループ又は閉ループのいずれかを形成できる軟質壁のチェーンを含む。図 81 は、平行六面体加工物 248 内に包囲された設計モデル 246 を示す。面取り 252 を形成するために図 82 に示すように除去されるべき加工物 248 の容積部分 250 は、面取り 252 の表面である硬質フロア 250a、加工物 248 の上面の一部である軟質トップ 250b、閉ループを形成する軟質壁 250c、250d、及び 250e を持つトップ面取り機械加工特徴と定義される。

【0091】図 83 及び図 84 を参照すると、前に形成したスルーポケット特徴 256 を取り囲む容積部分 258 をトップ面取り機械加工特徴と定義することによって、開口部 256 を取り囲む別の面取り 254 を形成できる。トップ面取り特徴 258 は、面取り 254 の表面である硬質フロア、加工物 248 の上面の一部である軟質トップ 258a、及び軟質壁の閉ループチェーン 258b を含む。

【0092】図 85 は、ラウンド特徴 266 を形成するため、加工物 264 に形成したポケット特徴 262 の周縁から除去した容積部分 260 を示す。除去した容積部分 260 は、本発明の教示によるトップラウンド機械加

工特徴と定義され、ラウンド特徴 266 自体の表面である硬質フロア、加工物 264 のトップ表面の一部である軟質トップ 260a、及び閉ループを形成する軟質壁のチェーン 260b を有する。図 85 は、更に、別のラウンド特徴 270 を形成するために加工物 264 の縁部から除去した別の容積部分 268 を示す。この容積部分 268 は、ラウンド特徴 270 の表面をその硬質フロアとして有し、更に軟質トップ 270a、閉ループを形成する軟質壁のチェーン 270b を持つトップラウンド機械加工特徴と定義することもできる。

【0093】本発明による別の位相的特徴は、リブトップ特徴である。例えば、図 86 は、設計モデル 276 にリブ設計特徴 274 を形成するため、加工物から除去したリブトップ機械加工特徴と定義される容積部分 272 を示す。リブトップ特徴 272 は、設計モデル 276 の表面である硬質フロア 272a、軟質壁 272b の一つのチェーン、及びチェーン 272（図示せず）の反対側にある軟質壁の別のチェーンを含む。更に、リブトップ特徴 272 はその両端に硬質壁を有し、これらの硬質壁のうち的一方、即ち硬質壁 272c が示してある。

【0094】図 87 は、容積部分 282 を除去することによって形成した設計モデル 280 の別のリブトップ特徴 278 を示す。これは、本発明の教示によれば、リブトップ機械加工特徴と定義される。リブトップ特徴 282 は、設計モデル 280 の表面である硬質フロア 282a を含む。リブトップ特徴 282 の残りの表面は、表面 282b、282c、282d 等の軟質表面及び壁 282b と反対側の軟質壁（図示せず）である。

【0095】リブトップ特徴の別の例として、図 88 は、自由形態リブトップ設計 286 を形成するために加工物から除去されるリブトップ特徴と定義される容積部分 284 を示す。リブトップ特徴 284 は、硬質フロア 284a、軟質トップ 284b、及び軟質壁 284c 及び 284d を含む。更に、リブトップ特徴 284 は、壁 284c とは反対側の別の軟質壁（図示せず）を含む。

【0096】本発明を以上の例示の実施例を参照して説明したが、添付の特許請求の範囲に定義した本発明の所期の範囲から逸脱することなく、形態及び詳細における様々な変更を行うことができるということは当業者には理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の例示の実施例を実施するのに適した例示のコンピューターシステムの構成要素を示すブロックダイアグラムである。

【図 2】 加工物を機械加工することによって形成された対象物のソリッドモデルである。

【図 3】 図 2 の対象物が形成される加工物のソリッドモデルである。

【図 4】 図 2 及び図 3 のソリッドモデルの組み合わせである数値制御（NC）モデルである。

【図 5】 本発明の様々な位相的特徴を選択するためのアイコンを示す、本発明の教示によるグラフィックユーザーインターフェースのツールバーである。

【図 6】 図 5 のツールバーからフェース特徴を表すアイコンを選択したときに現れる、機械工がフェース機械加工特徴を定義できるダイアログボックスである。

【図 7】 図 4 の NC モデルの容積部分をフェース機械加工特徴として定義する図である。

【図 8】 図 7 のフェース特徴を除去した図 4 の NC モデルを示す図である。

【図 9】 図 5 のツールバーからステップ位相的特徴を表すアイコンを選択したときに現れる、機械工がステップ機械加工特徴を定義できるダイアログボックスである。

【図 10】 ステップ機械加工特徴として除去されるべき NC モデルの容積部分を定義する図である。

【図 11】 図 7 のフェース特徴及び図 10 のステップ特徴を除去した図 4 の NC モデルを示す図である。

【図 12】 図 5 のツールバーからプロファイル位相的特徴を表すアイコンを選択したときに現れる、機械工がプロファイル機械加工特徴を定義できるダイアログボックスである。

【図 13】 プロファイル機械加工特徴として除去されるべき NC モデルの容積部分を定義する図である。

【図 14】 図 7 のフェース特徴、図 10 のステップ特徴、及び図 13 のプロファイル特徴を除去した図 4 の NC モデルを示す図である。

【図 15】 図 5 のツールバーからポケット位相的特徴を表すアイコンを選択したときに現れる、機械工がポケット機械加工特徴を定義できるダイアログボックスである。

【図 16】 ポケット機械加工特徴として除去されるべき NC モデルの容積部分を定義する図である。

【図 17】 図 16 のポケット特徴の平面図である。

【図 18】 図 7 のフェース特徴、図 10 のステップ特徴、図 13 のプロファイル特徴、及び図 16 のポケット特徴を除去した図 4 の NC モデルを示す図である。

【図 19】 図 5 のツールバーからスルーポケット位相的特徴を表すアイコンを選択したときに現れる、機械工がスルーポケット機械加工特徴を定義できるダイアログボックスである。

【図 20】 スルーポケット機械加工特徴として除去されるべき NC モデルの容積部分を定義する図である。

【図 21】 図 20 のスルーポケット特徴の硬質壁を示す、図 20 の NC モデルの平面図である。

【図 22】 図 7 のフェース特徴、図 10 のステップ特徴、図 13 のプロファイル特徴、図 16 のポケット特徴、及び図 20 のスルーポケット特徴を除去した図 4 の NC モデルを示す図である。

【図 23】 加工物の全幅に亘って延びるスルーポケッ

ト特徴を示す、加工物内に包囲された設計モデルを含む図 4 の NC モデルの斜視図である。

【図 24】 図 23 のスルーポケット特徴を定義するのに続いて NC モデルに定義されたステップ特徴を示す、図 23 の NC モデルの斜視図である。

【図 25】 ステップ機械加工特徴が形成された NC モデルを示す、図 24 の NC モデルの斜視図である。

【図 26】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図 25 のステップ機械加工特徴の平面図である。

10 【図 27】 図 26 のステップ機械加工特徴を除去した図 25 の NC モデルを示す図である。

【図 28】 容積部分が別のステップ機械加工特徴として定義された図 4 の NC モデルの斜視図である。

【図 29】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図 28 に定義したステップ特徴の平面図である。

【図 30】 図 29 のステップ特徴を除去した図 28 の NC モデルを示す図である。

【図 31】 ステップ機械加工特徴として定義された三角柱状容積部分を示す、図 4 の NC モデルの斜視図である。

【図 32】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図 31 のステップ機械加工特徴の平面図である。

【図 33】 図 32 のステップ機械加工特徴を除去した図 31 の NC モデルの図である。

【図 34】 押縁区分をステップ機械加工特徴として示す、図 4 の NC モデルの斜視図である。

【図 35】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図 34 のステップ特徴の平面図である。

【図 36】 除去されるべき残りの容積部分を暗い区分として示す、図 35 のステップ特徴を除去した図 34 の NC モデルの図である。

【図 37】 図 2 に示す設計モデルを得るため、除去されるべき残りの容積部分を三つのホールパターンとして除去した後の図 36 の NC モデルを示す図である。

【図 38】 図 9 乃至図 11 のステップ特徴を機械加工するための教示に従って形成された工具経路の図である。

【図 39】 図 38 に示す工具経路の平面図である。

40 【図 40】 以上の図に示す機械加工特徴の幾つかのリストを含む、本発明の好ましい方法によって提供されるダイアログボックスの図である。

【図 41】 加工物からプロファイル機械加工特徴として除去されるべき周囲容積部分を示す、周囲表面が設計モデルの周囲表面を越えて延びる、加工物内に包囲された図 2 及び図 3 の設計モデルを含む NC モデルの斜視図である。

【図 42】 図 41 に示すプロファイル特徴を除去した後の図 41 の NC モデルを示す図である。

【図 43】 スロット機械加工特徴として除去されるべき容積部分を示す、NC モデルの斜視図である。

【図44】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図43のスロット特徴の平面図である。

【図45】 図44に定義したスロット特徴を除去した後の図43のNCモデルの一部を示す図である。

【図46】 モデルの除去されるべき容積部分を互いに垂直一定オフセットの硬質壁の二つのチェーン、全半径の硬質壁、及び全半径の硬質壁と向き合った軟質壁を持つスロットとして示す、NCモデルの部分斜視図である。

【図47】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図46のスロット特徴の平面図である。

【図48】 図46のスロット特徴の除去後の図46のNCモデルの部分図である。

【図49】 互いに一定オフセットの二つの硬質壁、及び各々が全半径の2つの向き合った硬質壁を持つスロット特徴として容積部分が定義されたNCモデルの部分斜視図である。

【図50】 特徴を形成する表面を示す、図49のスロット特徴の斜視図である。

【図51】 図50のスロット特徴の硬質壁の図である。

【図52】 スロット特徴を除去した図49のNCモデルの部分図である。

【図53】 容積部分がチャンネル特徴と定義されるNCモデルの、本発明の教示によるポケット特徴及びスルーポケット特徴を形成した後の斜視図である。

【図54】 特徴の硬質壁及び軟質壁を示す、図53のチャンネル特徴の平面図である。

【図55】 チャンネル特徴を除去した図53のNCモデルの図である。

【図56】 機械工が図5のツールバーからホールパターン特徴を表すアイコンを選択したときに本発明の方法によって提供されるダイアログボックスである。

【図57】 容積部分がホールパターン特徴と定義されたNCモデルの斜視図である。

【図58】 ホールパターン特徴を除去した後の図57のNCモデルを示す図である。

【図59】 容積部分がスラブ特徴と定義されたNCモデルの斜視図である。

【図60】 図59のスラブ特徴の平面図である。

【図61】 スラブ機械加工特徴を除去した後の図59のNCモデルを示す図である。

【図62】 機械工が図5のツールバーからエン트리ホール特徴を表すアイコンを選択したときに本発明の方法によって提供されるダイアログボックスである。

【図63】 ポケット特徴内のエン트리ホール特徴を示すNCモデルの斜視図である。

【図64】 機械工が図5のツールバーからフランジフェース特徴を表すアイコンを選択したときに本発明の方法によって提供されるダイアログボックスである。

【図65】 本発明の教示によるフランジフェース特徴を示すNCモデルの部分斜視図である。

【図66】 図65のフランジフェース特徴の平面図である。

【図67】 フランジフェース特徴を除去した後の図64のNCモデルの図である。

【図68】 容積が本発明の教示によるスルースロット特徴と定義された、設計モデルの斜視図である。

【図69】 図68のスルースロット特徴の平面図である。

【図70】 図68のスルースロット特徴を除去した図68の設計モデルの斜視図である。

【図71】 第2スルースロット特徴を定義した図68の設計モデルの斜視図である。

【図72】 図71に示すスルースロット特徴を除去した後の図71の設計モデルの斜視図である。

【図73】 図5のツールバーからポストストップ特徴を表すアイコンを選択したときに現れるダイアログボックスである。

【図74】 ポケット特徴内の容積部分がポストストップ機械加工特徴と定義された設計モデルの斜視図である。

【図75】 図74のポストストップ機械加工特徴を除去した図74の設計モデルの斜視図である。

【図76】 容積部分がOリング溝機械加工特徴と定義されたNCモデルの斜視図である。

【図77】 図76のOリング溝特徴の平面図である。

【図78】 図76に示すOリング溝特徴を除去した図76のNCモデルの斜視図である。

【図79】 容積部分が開放輪郭特徴と定義されたモデルの斜視図である。

【図80】 本発明の教示によるアンダーカット機械加工特徴と定義された容積部分を除去した設計モデルの斜視図である。

【図81】 除去される巾容積部分がトップ面取り機械加工特徴と定義されたNCモデルの斜視図である。

【図82】 図81に示すトップ面取り特徴と定義された容積部分を除去することによって形成された面取りを持つ図81の設計モデルの斜視図である。

【図83】 スルーポケット特徴を取り囲む容積部分をトップ面取り機械加工特徴と定義する、図81のNCモデルの斜視図である。

【図84】 トップ面取り特徴を除去した後の図81のNCモデルの図である。

【図85】 設計モデル及びトップラウンド機械加工特徴と定義された二つの容積部分の斜視図である。

【図86】 リブトップ機械加工特徴と定義された容積部分を除去することによって形成したリブ設計特徴を持つ設計モデルの斜視図である。

【図87】 リブトップ機械加工特徴と定義された容積

部分を除去することによって形成したリブ設計特徴を持つ設計モデルの斜視図である。

【図 88】 リブトップ機械加工特徴と定義された容積部分を除去することによって形成したフィー形態リブ設計特徴を持つ設計モデルの斜視図である。

【符号の説明】

10 コンピューターシステム

12 中央処理装置

14 キーボード

16 ビデオディスプレイ

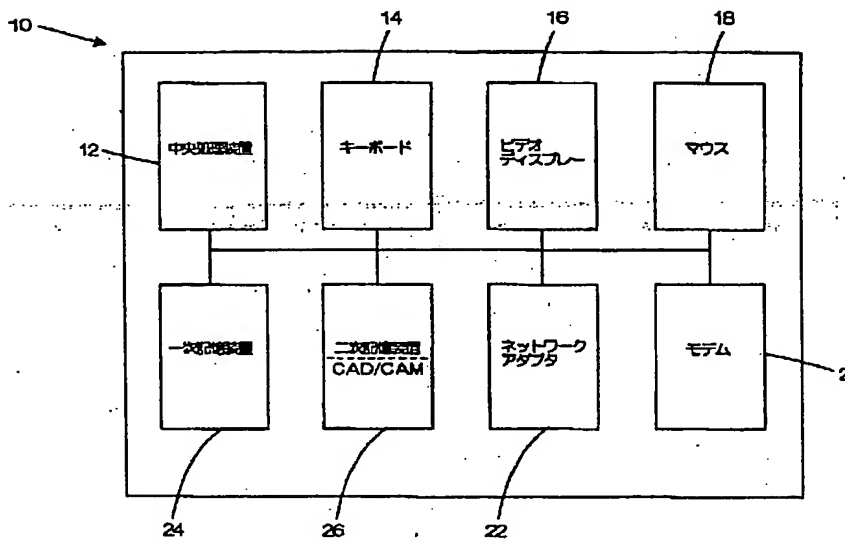
18 マウス

22 ネットワークアダプタ

24 一次記憶装置

26 二次記憶装置

【図 1】



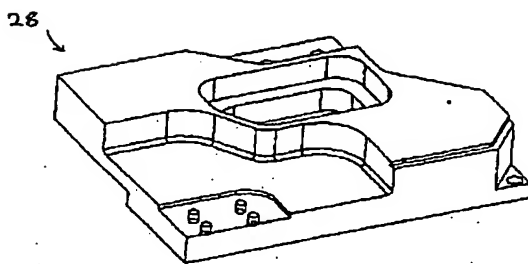
【図 15】



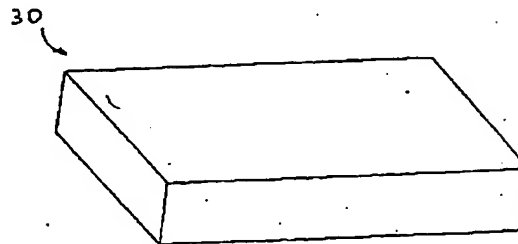
【図 19】



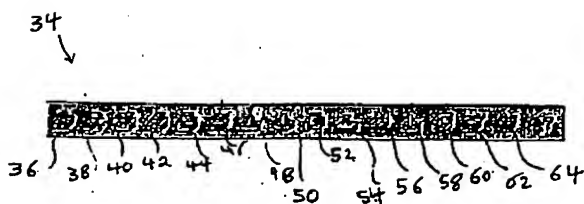
【図 2】



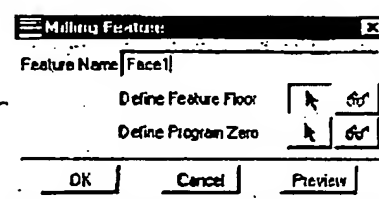
【図 3】



【図 5】

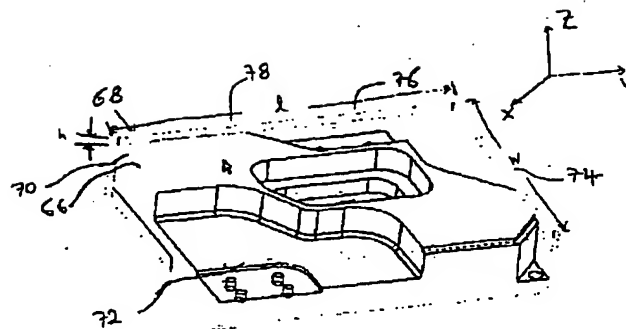
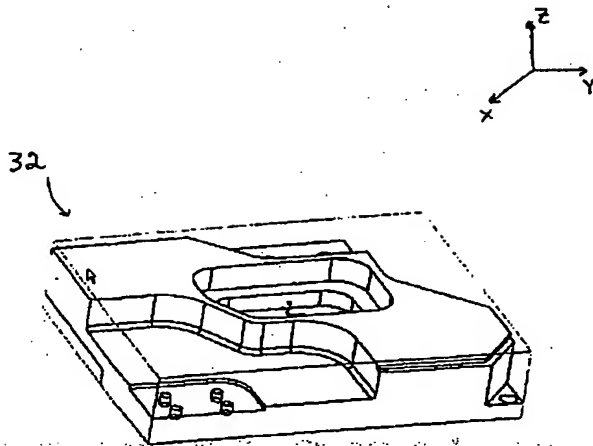


【図 6】

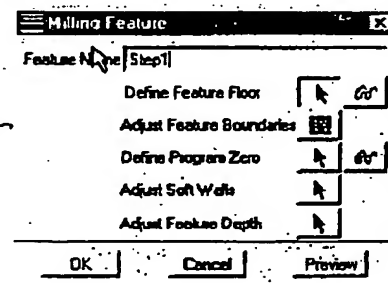


【図4】

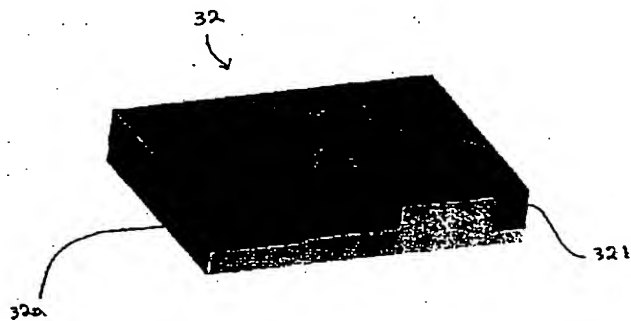
【図7】



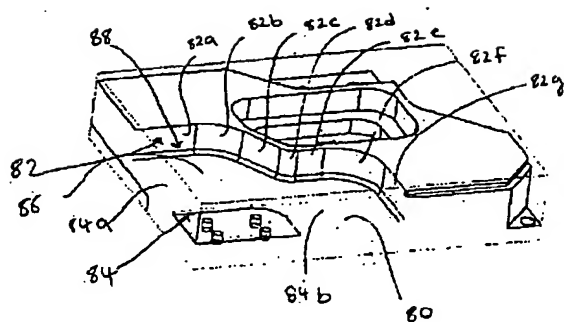
【図9】



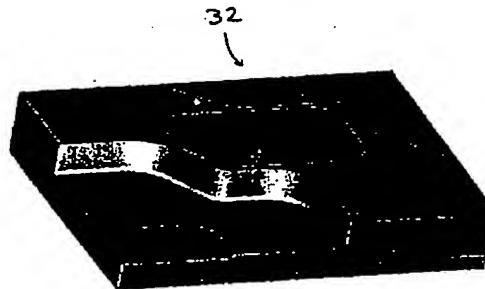
【図8】



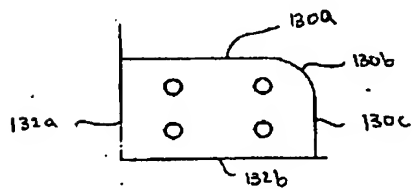
【図10】



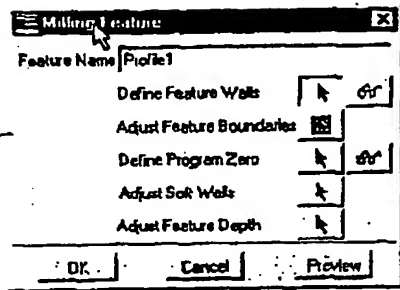
【図11】



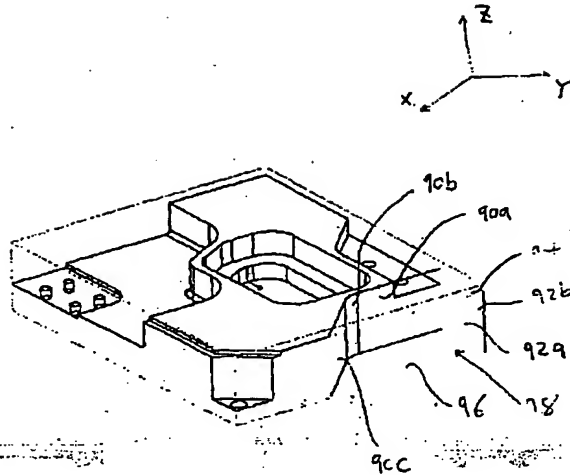
【図26】



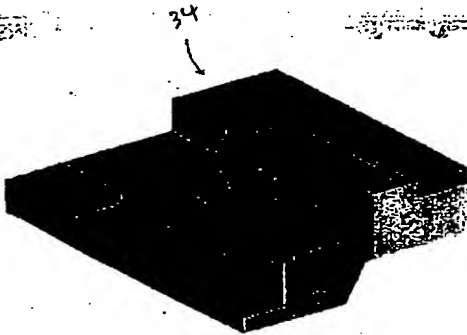
【図12】



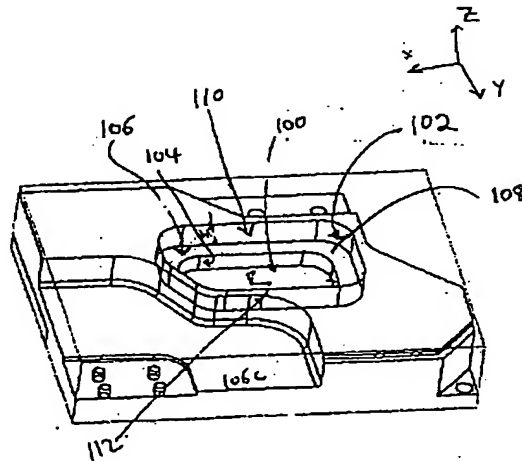
【図13】



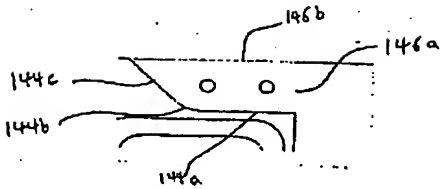
【図14】



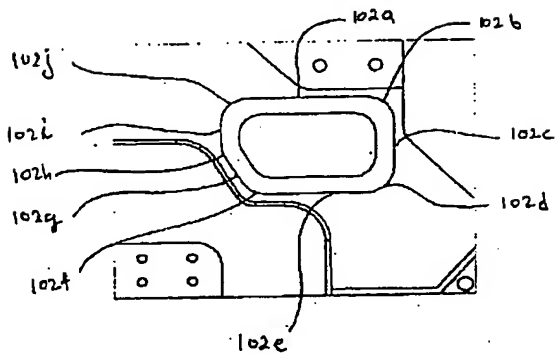
【図16】



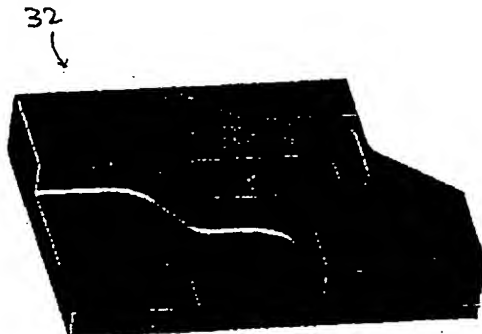
【図29】



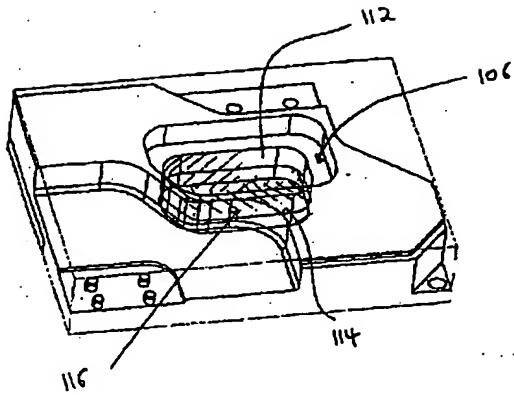
【図17】



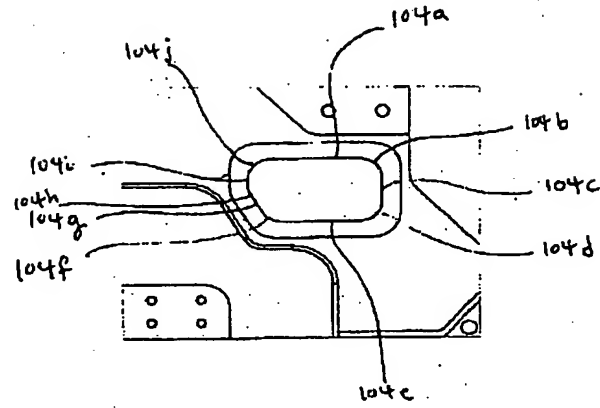
【図18】



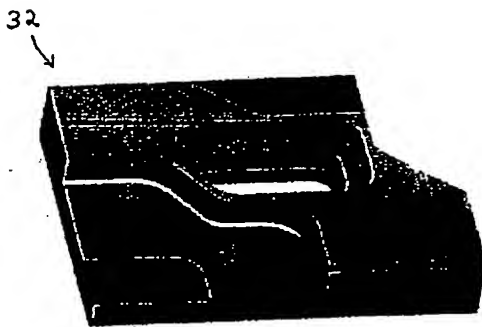
【図20】



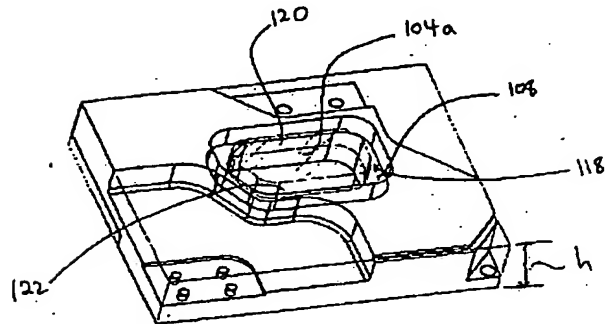
【図21】



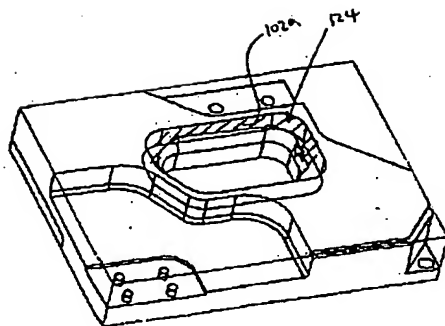
【図22】



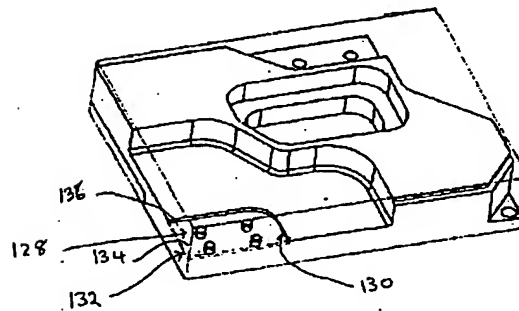
【図23】



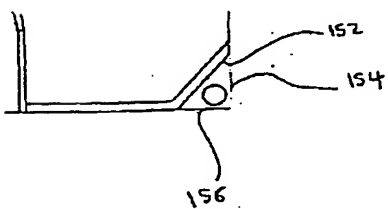
【図24】



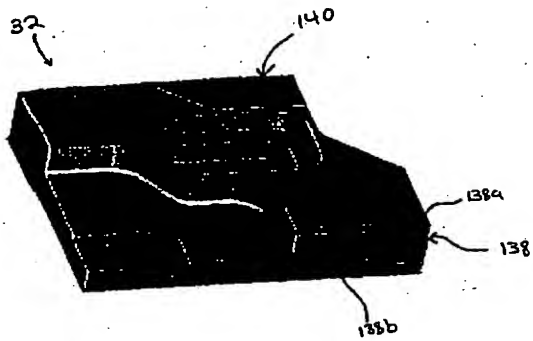
【図25】



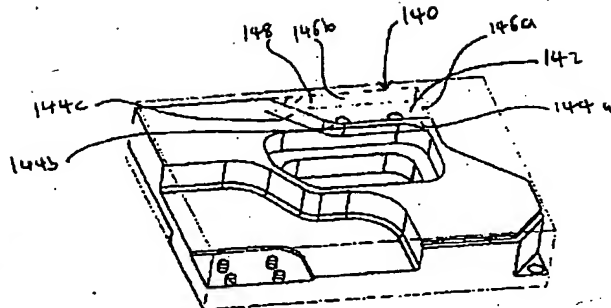
【図32】



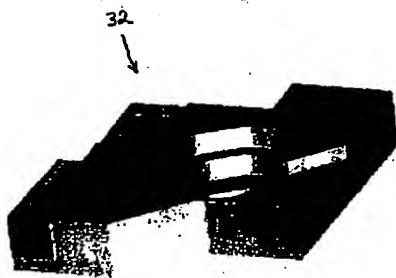
【图 27】



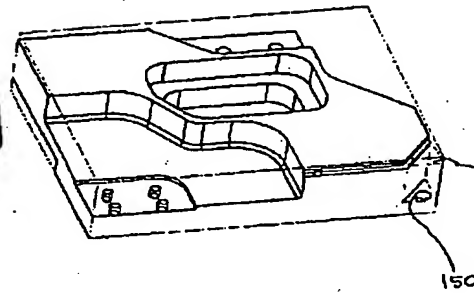
【图 28】



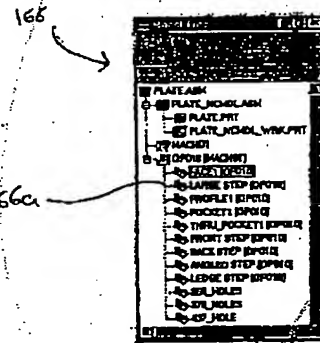
【图 3.0】



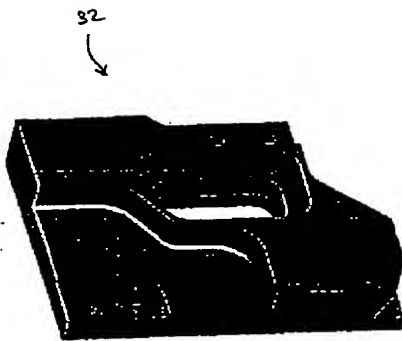
【☒ 3 1】



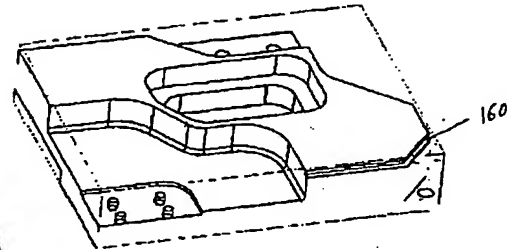
【図 40】



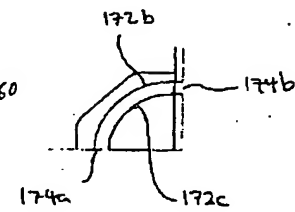
【☒ 3 3】



【圖 3 4】



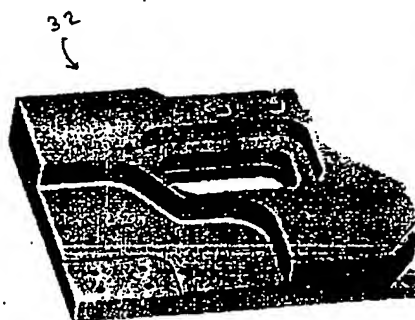
【図 4.4】



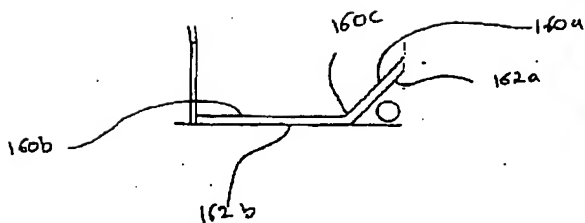
【図 45】



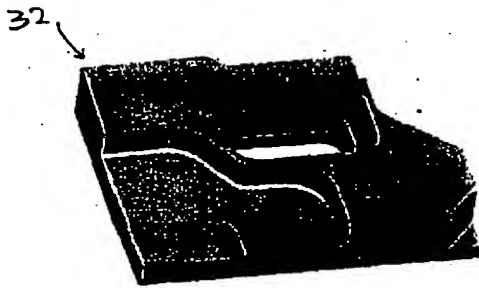
【图 3 6】



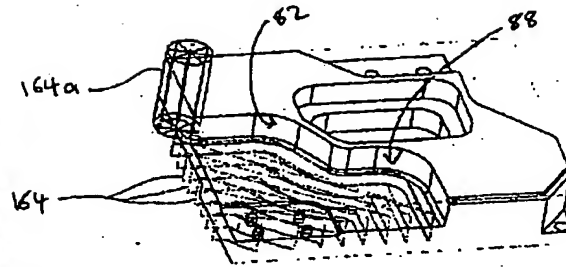
【图 3 5】



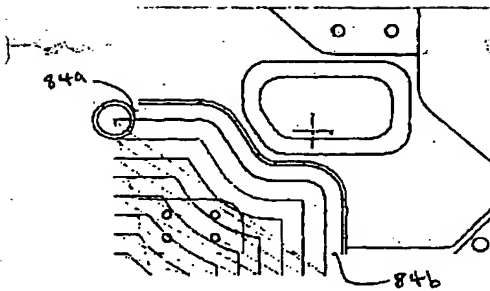
【図37】



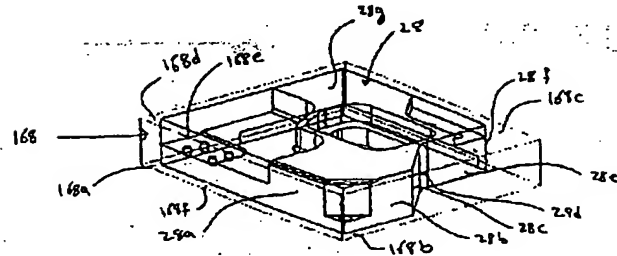
【図38】



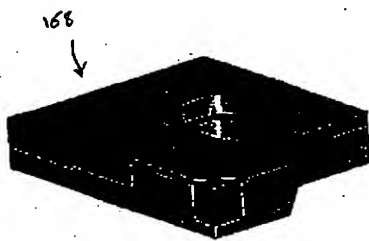
【図39】



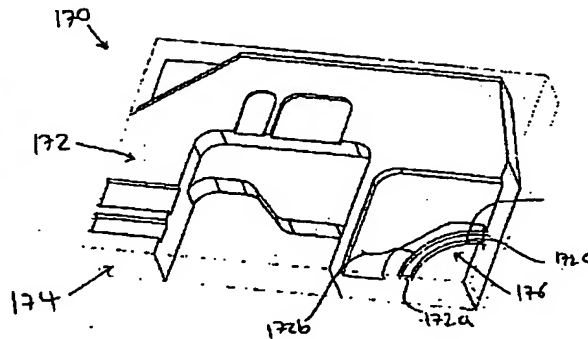
【図41】



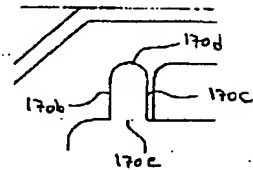
【図42】



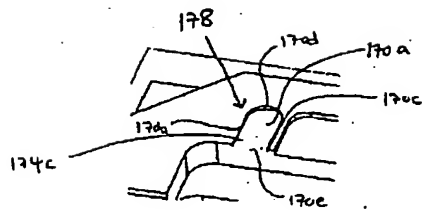
【図43】



【図47】



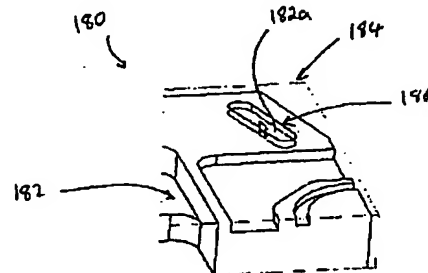
【図46】



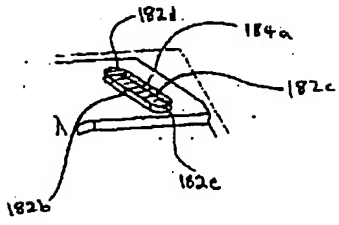
【図48】



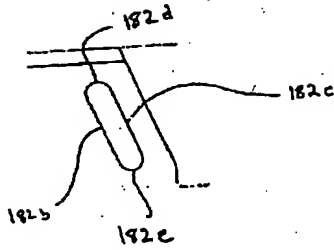
【図49】



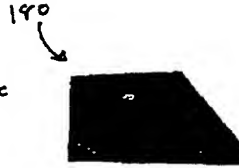
【図50】



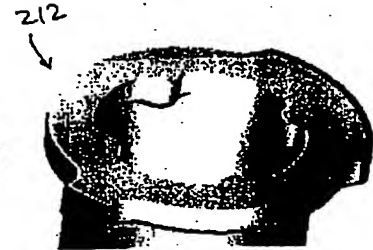
【図51】



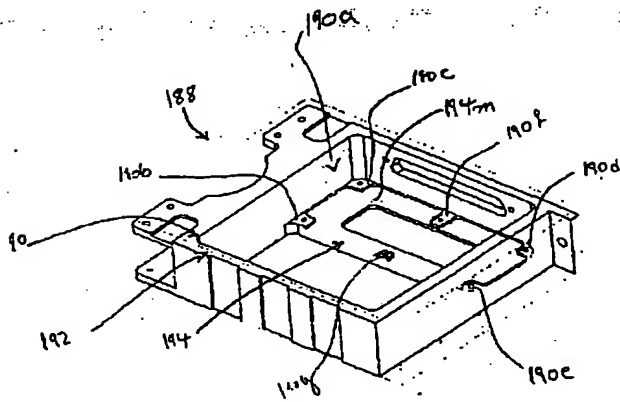
【図52】



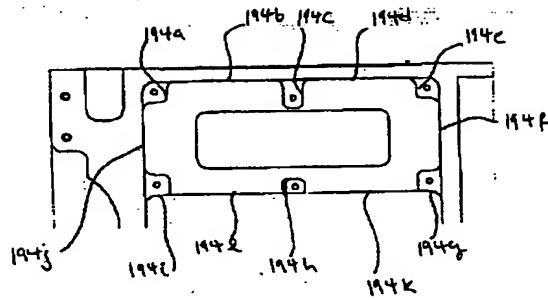
【図67】



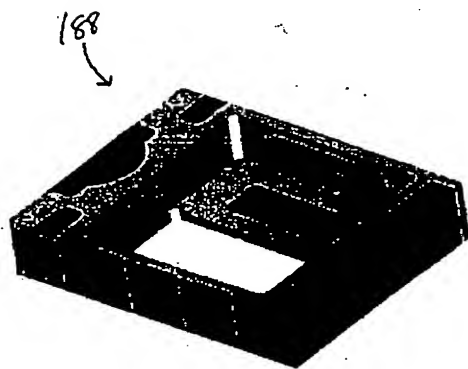
【図53】



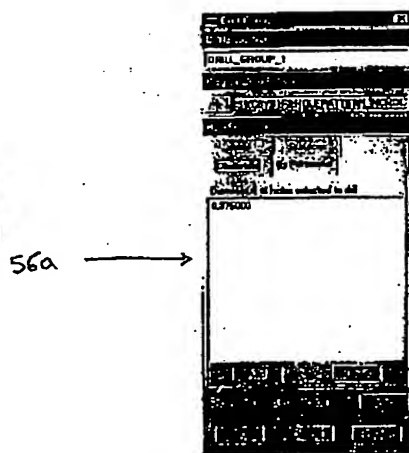
【図54】



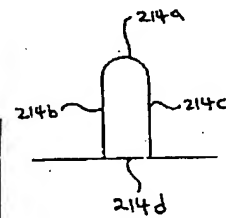
【図55】



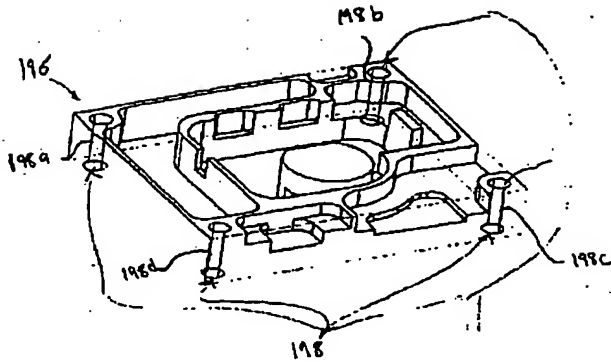
【図56】



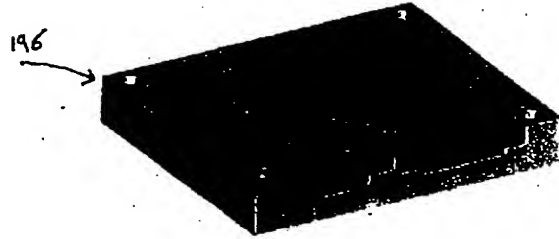
【図69】



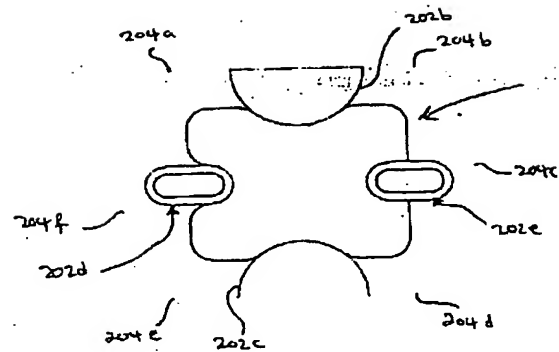
【図57】



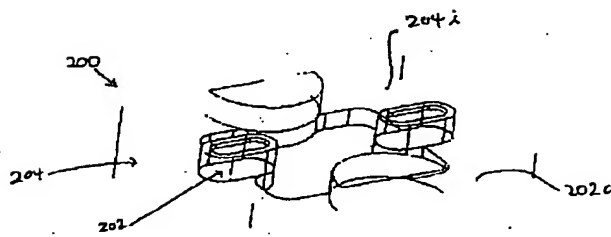
【図58】



【図60】



【図59】



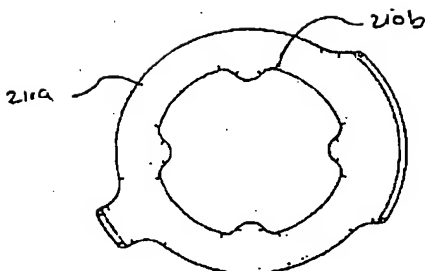
【図61】



【図62】

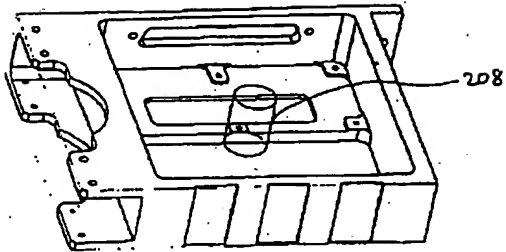
Entry Hole	
Entry Hole Name	ENTRYHOLE001
Feature Name	POCKET1
Program Zero	ABSOLUTE DIFFERENTIAL
Setup Entry Hole	
Hole Diameter	1
Hole Location	<input checked="" type="radio"/> Place <input type="radio"/> Corner
Place Entry Hole	<input checked="" type="radio"/> Automatic
X Direction	5.000000
Y Direction	3.700000
Entry Hole Depth	
<input checked="" type="radio"/> Floor Offset	0.005000
<input type="radio"/> Enter Depth	1.005000
OK	Cancel

【図66】

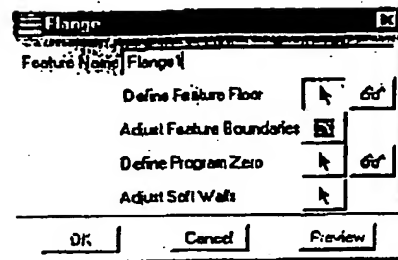


58a

【図63】

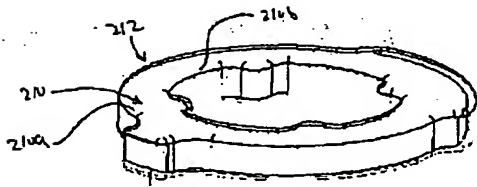


【図64】

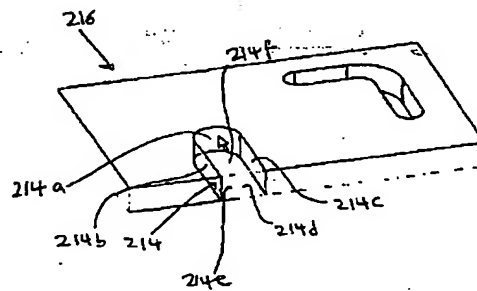


54a

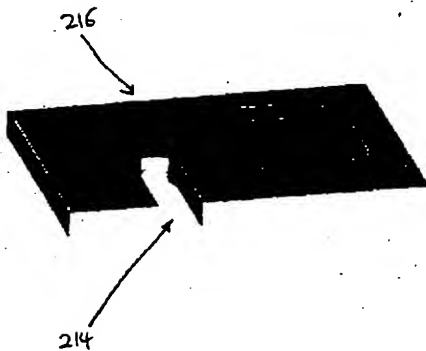
【図65】



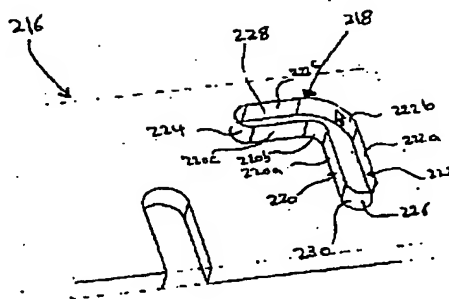
【図68】



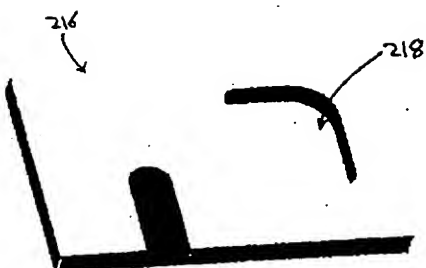
【図70】



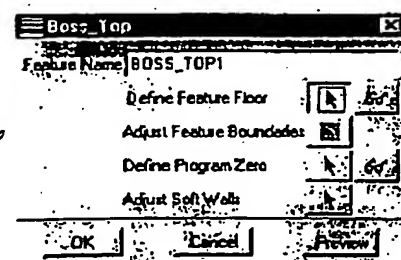
【図71】



【図72】

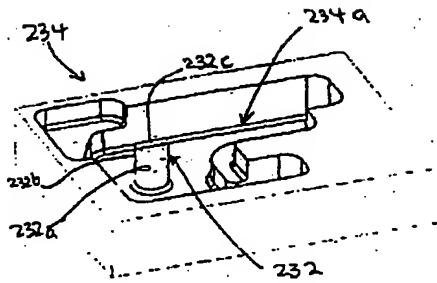


【図73】

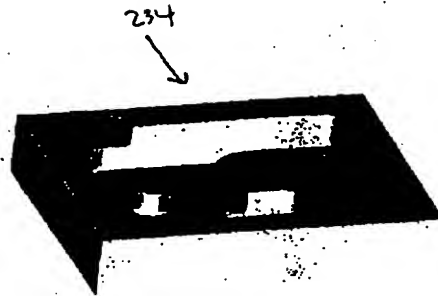


54a

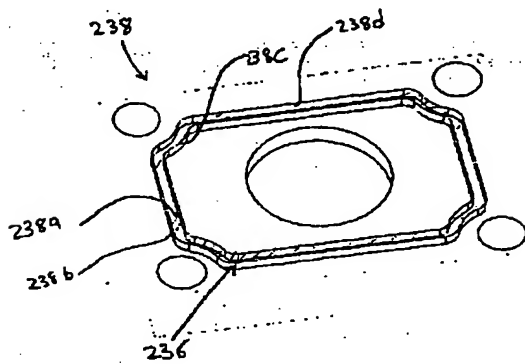
【図 74】



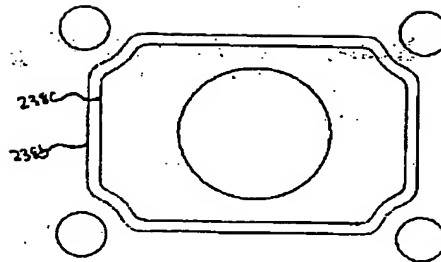
【図 75】



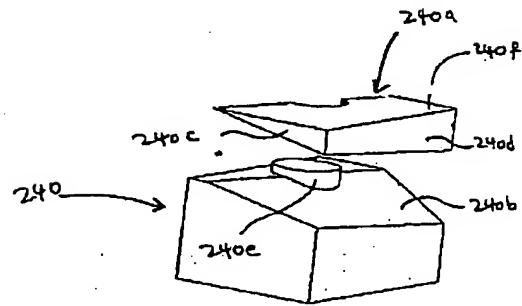
【図 76】



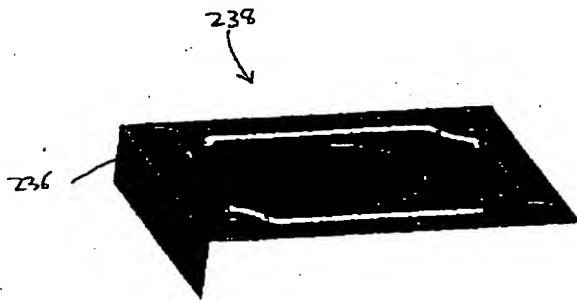
【図 77】



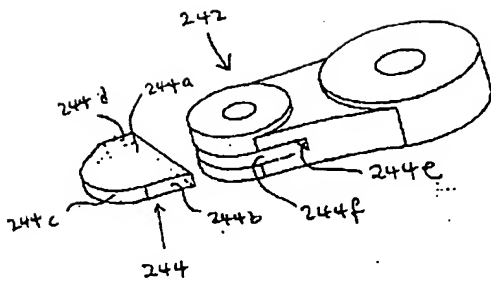
【図 79】



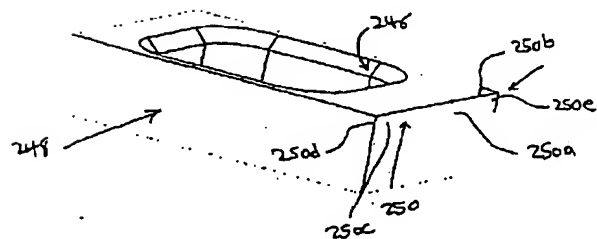
【図 78】



【図 80】



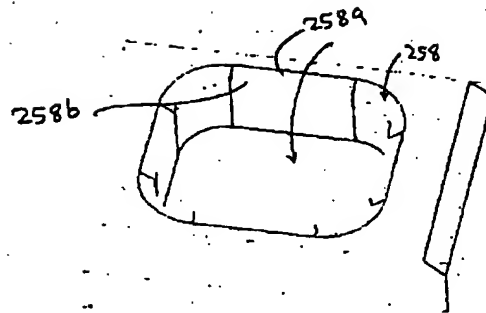
【図 81】



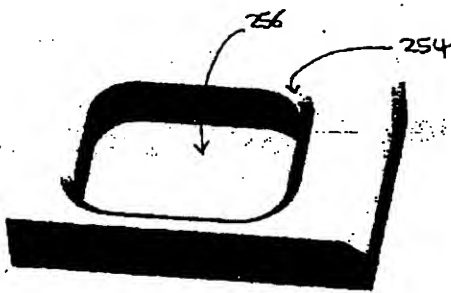
【図82】



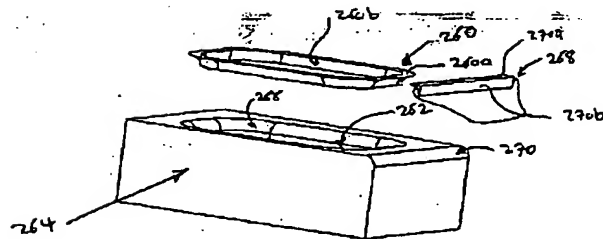
【図83】



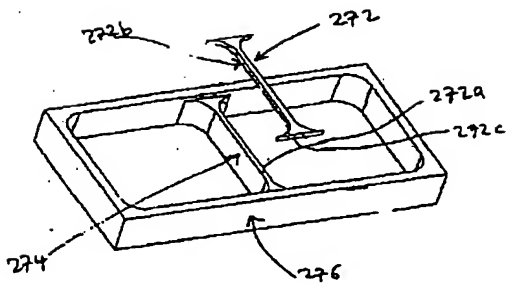
【図84】



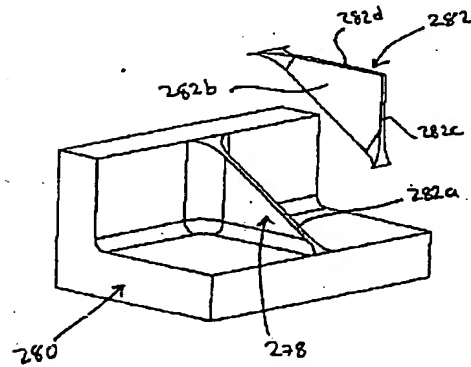
【図85】



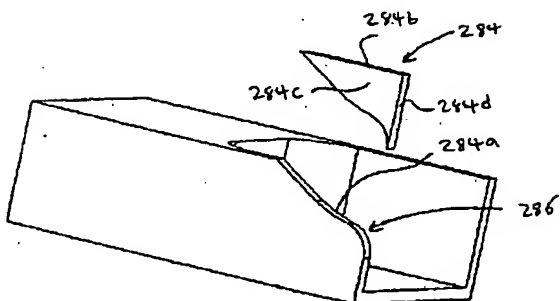
【図86】



【図87】



【図88】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.